كتابك
٧١

د. مدحت إسلام

بحر الهواء
الذى نعيش فيه

دار المعارف

هــذا الكتاب

ماذا عن هذا الغلاف الجوى الذى يحيط بالأرض . . ويدفع بالكائنات الحية على اختلافها إلى النمو وإلى الحياة المتصلة . .

ذلك ما يقدمه هذا الكتاب ، فيحيط بأسراره وعجائبه وفوائده الفريدة .

٤٥١٢١٠/١

ج
١٠

كتابك ٧١
رئيس التحرير أنيس منصور

د. مدحت إسلام

بحر الهواء الذى نعيش فيه

دار المعارف

هذا الهواء

« يَعْلَمُ مَا بَيْنَ أَيْدِيهِم وما خَلْفَهُم وَلاَ يُحِيطُونَ بِشَيْءٍ مِن عِلْمِهِ إلاَّ بما شَاء » (١) .
قرآن كريم

على إحدى تلال الأرض فى الزمن السحيق
ربما منذ نصف مليون سنة مضى
رفع الإنسان الأول عينيه إلى السماء وتعجب :
فى هذه اللحظة أدرك الإنسان وجوده ووجود الكون حوله.
وكان هذا هو الحد الفاصل بين الإنسان وبين ما سبقه من حيوان .
فى هذه اللحظة ولدت روح الإنسان الفاحصة المدققة ، وولدت معها الشرارة الأولى للفلسفة والعلم .

لقد رأى الإنسان فى الظواهر الطبيعية الرتيبة مثل مرور الأيام واختلاف الليل والنهار ، وتغير الفصول وغير ذلك من الظواهر العابرة غير المنتظمة مثل البرق والرعد والمطر والزلازل والبراكين — رأى فيها غموضاً وإبهاماً ، وتعذر عليه فهمها وإدراك أسبابها !

ومن زمن قريب — بالنسبة لتاريخ الإنسان القصير — عرف الإنسان

---

(١) سورة البقرة من آية (٢٥٥) .

كنه هذه الأشياء وعن طريق العلم أدرك اسرارها وعزاها إلى أسبابها :

لقد عرف الإنسان أنه كائن نابض أجوف يعيش على سطح هذا الكوكب سابحاً فى بحر عميق من الهواء وعلى عمق مئات الأميال من سطح هذا البحر .

ويعتمد الإنسان اعتماداً كليا على هذا البحر الهوائى فى القيام بوظائفه المختلفة ، ويرتبط مصيره كل الارتباط بما قد يحدث فيه من تغيرات : فلو أنه حُرِمَه ولو لفترة قصيرة – لاختنق وهلك ، تماما مثل السمكة إذا رفعت من النهر ! ولو أنه ارتفع ولو قليلا عن قاعه إلى طبقاته العليا لاضطرب تنفسه وانفجر تحت ضغط سوائل جسده الداخلية ومات ميتة عنيفة !

ويمكن تصور كوكبنا الأرض على أنه يتكون من مجموعة من الكرات المتداخلة والتى تغلف كل منها الأخرى . وأولى هذه الكرات هى الأرض نفسها أو الغلاف الصخرى الذى تتكون منه كتلة الأرض .

ويحيط بهذه الكرة الصخرية كرة أخرى أو غلاف آخر يعرف بالغلاف المائى ، وهذا الغلاف الجديد – وإن كان لا يغطى الكرة الصخرية . تماما – فإنه يغطى ثلاثة أرباعها تقريبا . ويبلغ غلظه فى المتوسط حوالى الميلين .

ويحيط بهاتين الكرتين السابقتين غلاف آخر يعرف بالغلاف الجوى وهو غلاف عظيم الغلظ حيث يبلغ غلظه مئات الأميال . ويتميز هذا

الغلاف برقته المتناهية فهو قليل الكثافة بالنسبة للغلافين السابقين ؛ كما أنه دائب الحركة ، وهو ذو أهمية أقصى فى وجود الكائنات الحية على سطح هذا الكوكب .

وهناك غلاف آخر يتداخل فى هذه الأغلفة الثلاثة وهو فى الحقيقة غلاف وهمى لا تحده حدود ثابتة مثل ما سبقه من الأغلفة ويسمى بالغلاف الحيوى .

ويتصف هذا الغلاف بصغر غلظه نسبياً . وهو ينحصر بين الطبقات العليا من الغلاف المائى والطبقات السفلى من الغلاف الجوى ، وتتركز فيه الحياة بجميع مظاهرها ، فتعيش فيه الكائنات الحية المعروفة : فتحت سطح البحر تعيش الحيوانات المائية كالأسماك وغيرها على عمق لا يزيد عن ستة أميال ، وعلى سطح الأرض تعيش الحيوانات والنباتات على ارتفاع لا يتجاوز ستة أميال أخرى كبعض أنواع الطيور وبعض حبوب اللقاح .

ويتبين من هذا أن هذا الغلاف الوهمى المسمى بالغلاف الحيوى لا يزيد غلظه عن أثنى عشر ميلا ، غير أن الإنسان وأغلب صور الحياة الأخرى تشغل فى الحقيقة حيزاً أضيق من هذا بكثير : فهى إما أن تعيش ملاصقة لسطح الأرض وإما أن تعيش تحت سطح البحر مباشرة .

ويتحكم الغلاف الجوى تمام التحكم فى خواص الأرض وطبيعتها ؛ كما يتحكم كذلك فى ظروف الحياة وفى البيئة المحيطة بنا : فلولا وجود هذا الغلاف لاستحال على جميع الكائنات الحية من حيوان

أو نبات — حتى ما يعيش منها فى أعماق البحار — لاستحال عليها جميعا أن توجد وأن تعيش ، ولاستحال علينا أن نعرف كثيراً من الظواهر الطبيعية التى تحدث حولنا .

ولولا وجود الغلاف الجوى ما ظهرت السماء كما نعرفها زرقاء ناصعة يغمرها ضوء الشمس فى أثناء النهار ، ولظهرت سوداء ليلاً ونهاراً وما استطعنا أن نراها حمراء ملتهبة عند غروب الشمس أو وردية الأطراف حالمة عند الفجر !

ولولا وجود هذا الغلاف كذلك ما عرفنا ما نسميه بالجو أو المناخ ، ولانعدمت الرياح والسحب والأمطار !

ولولا الغلاف الجوى ما عرف الإنسان النار : ذلك الاكتشاف الذى أحدث انقلابا خطيراً فى حياة الإنسان على سطح هذا الكوكب : فالنار ما هى إلا تفاعل كيمياوى يتم فيه اتحاد ما بالغلاف الجوى من الأكسجين مع المادة التى تحترق .

ولولا وجود هذا الغلاف كذلك لاستحال علينا أن نسمع بعضنا لبعض صوتا ولعشنا فى سكون تام . فالصوت ما هو إلا اهتزاز موجات الهواء أمام طبلة الأذن .

ويمكننا إذن أن نقرر الحقيقة التالية : وهى أنه ما كان لنبات أو حيوان أن يعيش وينمو ، وما كان لطير أن يطير ، وما كنا لنعرف الظواهر الطبيعية التى نراها حولنا اليوم — لو انعدم هذا الغلاف الجوى الذى

يحيط بنا ويحيط بالأرض !

وبخلاف وظائف الغلاف الجوى السابقة الذكر – فإنه يقوم كذلك بعدة مهام (أساسية) أخرى تؤدى دوراً خطيراً فى حياة الإنسان على سطح هذا الكوكب :

ففى أثناء النهار يقوم هذا الغلاف مقام حاجز ضخم يحمى سطح الأرض وما عليها من كائنات ويرد عنها الإشعاعات الضارة الصادرة عن الشمس ، وذلك بامتصاص هذه الإشعاعات وخاصة تلك ذات الموجات القصيرة القاتلة .

أما فى أثناء الليل فيقوم الغلاف الجوى مقام غطاء شامل يساعد على احتباس حرارة النهار ويمنعها من الانتشار أو التسرب إلى الفضاء الخارجى ، وهو يشبه فى ذلك تلك الأسقف الزجاجية المستعملة للغرض نفسه فى صوبات النباتات .

وتصور معى ما كان يمكن أن يحدث لو أن حرارة النهار انتشرت وتسربت إلى الفضاء ! فما كنا لنعرف ليالى الأرض الدافئة الجميلة ، ولقاسينا من بردها القارس الشديد !

ولو أننا تصورنا الأرض دون هذا الغلاف لكانت مواجهتها للشمس نهاراً كافية لرفع درجة حرارة سطحها إلى درجة قاتلة مميتة تزيد عن درجة حرارة غليان الماء أى حوالى ١١٠° م ، ولكان ذلك أيضاً كافياً لأن تنخفض درجة حرارة سطحها ليلا إلى الدرجة القاتلة – ١٤٨° م .

وبخلاف هذه الدرجات المميتة فى ذاتها فإن التقلب بين هذين الحدين من الحرارة كان يكفى وحده للقضاء على جميع مظاهر الحياة .

ويشبه هذا تمام الشبه ما يحدث اليوم لسطح القمر الذى لا يمتلك غلافاً جويا وتتردد درجات الحرارة على سطحه بين الارتفاع والانخفاض فى حدود كبيرة جدًّا .

ويقوم الغلاف الجوى كذلك بمهمة أخرى على درجة كبيرة من الأهمية : فهو يشبه ستاراً ضخماً شفافاً يقوم بالتقاط جميع الشهب الآتية من الفضاء الخارجى والتى تندفع نحو سطح الأرض تحت تأثير قوتها الجاذبة . وتكفى هذه المهمة فى ذاتها للدلالة على أهمية الغلاف الجوى لو تصورنا أن عدد الشهب التى تدخل جو الأرض تقرب من مائة مليون كل يوم !

ولوتصورنا ضخامة أعداد الشهب التى وقعت تحت تأثير جاذبية الأرض وأمطرتها يوميا منذ العصور الجيولوجية السحيقة لأمكننا معرفة الضرر العظيم الذى كان يمكن أن تحدثه هذه الشهب بسطح الأرض لولا وجود هذا الغلاف الجوى الذى يمتصها ويفنيها . وتتبخر هذه الشهب وتفنى أساساً عن طريق احتكاكها بالهواء وأكسدتها بأكسجين الجو .

وقد حدث مثل هذا الضرر فعلا للقمر الذى لا يحميه غلاف جوى . فإن استمرار تساقط الشهب على سطحه منذ بدء تكوينه تسبب فى امتلاء سطحه بالانخفاضات والثقوب والفوهات .

مكونات الغلاف الجوى

على الرغم من جميع الحقائق الهامة السابقة التى عرفناها عن الغلاف الجوى فإن الإنسان عاش دهراً طويلا وهو لا يشعر بمقدار اعتماده فى كيانه وحياته على بحر الهواء الذى يحيط به ، بل كان يجهل حتى وجوده .

وقد استمر الإنسان لعدة قرون وهو يتصور أن المادة تظهر فقط على حالتين هما الحالة الصلبة والحالة السائلة ، أما الحالة الغازية – وهى الحالة الغالبة على حالات المادة فى الكون كله – فلم تخطر له على بال !

وقد تم للإنسان مؤخراً – فيما بين القرن الثامن عشر والقرن التاسع عشر – اكتشاف حقيقة الهواء وأنه عبارة عن خليط من عدة غازات ، كما عرف أن جميع العناصر التى بالكون يمكنها أن توجد فى الحالة الغازية كما توجد فى الحالة الصلبة والحالة السائلة .

ولم تكن الصعوبة فى تصور الهواء كمادة حقيقية تكمن فى عدم استطاعة رؤيته ، بل كانت تتركز كذلك فى صفته الغريبة وهى قابليته للانضغاط : ففى الوقت الذى تتخذ فيه المواد الصلبة أشكالا وأحجاما ثابتة ، نجد أن السوائل ليس لها شكل خاص ، فهى تتشكل بشكل الإناء الذى يحتويها وإن كان لها حجم ثابت ، على حين نجد أن الغازات لا تتخذ لها شكلا معينا وليس لها حجم ثابت ، فالغاز يمكن أن يملأ أى

حجم وأن يتشكل بأى شكل ، وحيث إن الغاز يقبل التمدد والانضغاط فإن وزن الحجم نفسه منه قد يختلف من مرة إلى أخرى .

وقد كانت هذه الاختلافات بين طبيعة الأجسام الصلبة والسائلة وبين طبيعة الغازات السبب فى حيرة الباحثين زمناً طويلاً ، وربما كانت إحدى الخطوات الهامة فى فهم خواص الغازات ، تلك القاعدة التى حققها روبرت بويل عام **١٦٦٢** والتى تنص على ما يأتى : « عند ثبات درجة الحرارة يتناسب حجم الغاز تناسباً عكسياً مع الضغط الواقع عليه » .

ويعنى هذا أن زيادة الضغط الواقع على الغاز إلى ضعف قيمته يتسبب فى خفض حجمه إلى نصف قيمته الأصلية .

ومنذ بداية القرن الثامن عشر ازدادت معلومات الإنسان عن الهواء وعن الغازات المكونة له : فعرف غاز ثانى أكسيد الكربون عام **١٧٥٤** ؛ كما عرف غازى النتروجين والأكسجين عام **١٧٧٢** على وجه التقريب .

وبمضى الوقت كشف العلم عن الحقيقة التالية : وهى أن الإنسان كائن حى يعيش غريقاً كالأسماك فى بحر من الغاز دائب الحركة ، وقد عبر العالم الفرنسى لافوازييه عن هذه الحقيقة بقوله : إن الإنسان آلة حيوانية حية تستخدم غاز الأكسجين كوقود ، وتنفث غاز ثانى أكسيد الكربون كناتج للاحتراق !

ويتكون الغلاف الجوى من خليط من عدة غازات نذكر منها أهمها وأكثرها شيوعا وهى :

غاز النتروجين وهو يكون ٧٨٪ من الهواء

غاز الأكسجين وهو يكون ٢١٪ من الهواء

غاز الأرجون وهو فى الهواء بنسبة تصل الى ١٪

غاز ثانى أكسيد الكربون وهو فى الهواء بنسبة ٠,٠٣٪

بخار الماء (وهو يتركب من غازى الهيدروجين والأكسجين) وهو فى الهواء بنسبة تتردد بين ٠,٠١ – ٤٪

وبالإضافة إلى هذه الغازات فقد يحتوى الغلاف الجوى على كميات ضئيلة جداً من بعض الغازات الأخرى : فهو قد يحتوى على بعض الغازات الخاملة الأخرى مثل الهليوم والزينون والنيون ؛ كما قد يحتوى على بعض الغازات السامة مثل النشادر والميثان وأول أكسيد الكربون وأكسيد النتروز وغيرها .

ويختلط بالهواء كذلك كثير من الشوائب الأخرى غير الغازية إلا أن هذا يكون دائما على ارتفاعات محدودة من سطح الأرض وبكميات ضئيلة جداً .

فقد يحتوى الغلاف الجوى على بعض حبوب اللقاح النباتية والتى قد توجد أحيانا على ارتفاع يبلغ حوالى ستة أميال من سطح الأرض . كذلك قد يحتوى على بعض ذرات التراب التى تحملها الرياح من تربة

الأرض أو مما تنفثه البراكين . وهناك أيضا ذرات الفحم الدقيقة والتى توجد عالقة فى الهواء وخاصة حول المناطق الصناعية وبعض أنواع البكتريا التى تسبح فى الهواء وذرات الملح التى تتطاير مع بخار الماء من سطوح البحار .

وبخلاف ما سبق فهناك ما يسمى بتراب النجوم الذى يأتى من الفضاء الخارجى ، وتقدر كمية هذا التراب التى تدخل غلافنا الجوى بحوالى ٢٠٠٠ طن كل يوم .

وبرغم أن وزن هذا الغلاف الجوى يفوق التصور حيث يبلغ حوالى ٢٠١٦ رطلاً على كل قدم مربعة (أو ١٤ رطلا على البوصة المربعة) ، فإن الإنسان لا يحس بوطأة هذا الوزن ، بل لا يشعر بهذا الضغط على الإطلاق : وذلك لأن السوائل التى داخل جسم الإنسان تضغط هى الأخرى بضغط يعادل ويضاد ضغط الغلاف الجوى !

ولو أننا قدرنا وزن الغلاف الجوى أجمع لوجدناه يضغط على سطح الأرض بقوة توازى خمسة آلاف مليون مليون طن وهو ما يكافئ وزن قطعة من حجر الجرانيت طولها ١٠٠٠ ميل وعرضها ٢٠٠٠ ميل وارتفاعها نصف ميل !

منشأ الغلاف الجوى

إن وجود الإنسان على سطح الأرض يضعه موضعاً فريداً فى هذا

الكون : فنحن لا نعرف حتى الآن كوكباً آخر تحتل سطحه كائنات حية أخرى لها الصفات نفسها ومظاهر الحياة التى نعرفها نفسها .

وكذلك الهواء الرطب (الذى يحتوى على بخار الماء) الذى يعيش فيه الإنسان فهو الآخر يحتل موضعاً فريداً فى هذا الكون ، فإن كل الكواكب التى نعرفها من أعضاء مجموعتنا الشمسية لا تمتلك غلافاً جوياً مثل غلافنا .

وقد تبين مؤخراً أن كوكب المريخ يمتلك غلافاً رقيقاً يحتوى على آثار من كل من الأكسيجين وبخار الماء على حين لم يمكن الاستدلال على وجود أى من هذين الغازين ضمن السحب الكثيفة التى تحجب وجه كوكب الزهرة . أما كوكبا المشترى وزحل فيبدو أن أجزاءهما تتكون على الأغلب من غازات الهيدروجين والهليوم والميثان والنشادر . ويشبه كوكب عطارد القمر حيث يبدو أنه ليس له غلاف جوى على الإطلاق .

وهناك ملاحظة هامة : وهى أن غلافنا الجوى يخالف قاعدة عامة من قواعد هذا الكون : فهو يتألف من عدة غازات يندر وجودها فى أى مكان آخر فى الكون كله . وعلى العكس من ذلك فإن أكثر الغازات شيوعاً فى الكون – وهما غازا الهيدروجين والهليوم – هى أكثرها ندرة فى غلافنا الجوى .

وقد أظهرت الدراسات المختلفة أن المادة الكونية التى بأعماق الفضاء فى هذا الكون والتى تشكل السدم والمجرات – تتكون أساساً من أخف

العناصر على الإطلاق ، أى من الهيدورجين والهليوم ، فمقابل كل ١٠٠٠ جزء من غاز الهيدروجين فى الكون ١٠٠ جزء من غاز الهليوم ، وحوالى ١٠ – ٢٠ جزءاً من بقية العناصر الأخرى مجتمعة .

وبافتراض أن الأرض خلقت فى الزمن السحيق من سحابة كونية غازية كان من المتوقع أن تحتفظ الأرض فى غلافها الجوى بالنسب السابق ذكرها نفسها من العناصر المختلفة ، مثلها فى ذلك مثل الشمس وبقية النجوم ، ولكن الأرض لم تستطع الاحتفاظ بالعناصر الغازية حتى بما يقارب هذه النسب ، فيحتوى غلافها الجوى الآن على ٠,٠٠٠٠٥ ٪ فقط من غاز الهيدروجين الحر غير المتحد وعلى حوالى ٠,٠٠٠٥ ٪ فقط من غاز الهليوم .

ما الذى حدث إذن لكل من غازى الهيدروجين والهليوم برغم افتراض وجودهما أصلا بكميات ضخمة عند مبدأ تكوين الأرض ؟

وما منشأ الغازات التى يتكون منها غلافنا الحالى ؟

تجيب النظريات العلمية الحديثة عن هذه الأسئلة بافتراض أن غلافنا الجوى الحالى ما هو إلا غلاف ثانوى لم يكن موجودا أصلا عند نشأة الأرض بهذا التركيب نفسه ، بل استمر فى التكون البطىء منذ العصور الجيولوجية الأولى .

وتفترض هذه النظريات أن الأرض فى مبدأ تكوينها من السحابة الغازية الكونية كانت جاذبيتها من الضعف بحيث لم تستطع الاحتفاظ

بالغازات الخفيفة مثل الهيدروجين والهليوم ، أو أن إشعاعات الشمس الشديدة فى ذلك الحين ربما تسببت فى انتشار هذه الغازات وفقدها من الغلاف الجوى إلى الفضاء الخارجى .

ولم تفقد الأرض تحت هذه الظروف كل غازاتها فقد استطاعت برغم ذلك أن تحتفظ بقدر كبير منها على هيئة مركبات كيمياوية بين هذه الغازات وبين العناصر الأخرى وبذلك قامت بتخزينها فى غلافها الصخرى .

وقد استمر تصاعد هذه الغازات من جوف الأرض الساخن خلال ملايين السنين الماضية التى عاشتها الأرض ، وكان هذا التصاعد على الأغلب خلال الشقوق الأرضية والبراكين والينابيع الساخنة . ولم تندفع هذه الغازات فور تصاعدها إلى الفضاء الخارجى ، بل أجبرتها جاذبية الأرض – التى كانت قشرتها قد بردت فى ذلك الحين – على أن تسبح حولها . وبمضى الزمن كونت هذه الغازات المتصاعدة من جوف الأرض ما نعرفه اليوم بالغلاف الجوى .

ربما كان هذا تفسيراً لائقاً لوجود أغلب الغازات التى يحتوى عليها غلافنا الجوى اليوم ماعدا غاز الأكسجين : فمن المعروف أن غاز الأكسجين يتحد بسهولة وأغلب العناصر الأرضية لتكوين أكاسيد ثابتة ، ويصعب جدا تصور تصاعد الأكسجين مرة أخرى من باطن الأرض عن طريق تحلل هذه الأكاسيد ؛ كذلك يتبين علمياً أن غاز

الأكسجين لا يوجد ضمن نفثات الغاز المتصاعدة من البراكين أو من الينابيع الساخنة : فمن أين جاء إذن ؟

منشأ غاز الأكسجين :

من المعتقد أن عملية ظهور غاز الأكسجين الحيوى بالغلاف الجوى كانت عملية تتسم بالبطء الشديد ، وأنها استمرت خلال حقب الدهر الطويلة ، واعتمدت أساسا على ظهور الحياة النباتية على سطح الأرض .

ويكاد يكون من المقطوع به أن النباتات هى المصدر الرئيسى لصناعة وتحضير غاز الأكسجين ؛ فهى تنفثه كناتج ثانوى لعملياتها الحيوية فى أثناء النهار وتمتصه خلال الليل .

وحيث إنه لابد من توافر بعض من غاز الأكسجين ولو بكميات ضئيلة حتى يمكن معه الحياة النباتية أن تظهر على الأرض – فقد افترض وجود هذه الكمية الصغيرة من هذا الغاز عن طريق تحلل جزيئات الماء (التى تتكون من الهيدروجين والأكسجين) فى طبقات الجو العليا تحت تأثير الشحنات الكهربية أو الإشعاعات الصادرة من الشمس . وبرغم ضآلة هذه الكمية من غاز الأكسجين فإنها كانت كافية لظهور الحياة النباتية فى أدنى صورها .

وربما كان ظهور أول وأبسط صور الحياة النباتية على سطح الأرض على هيئة الطحالب الخضراء الشفافة والتى وجدت حفرياتها منذ حوالى

١٤٠٠ مليون سنة ، ولابد أن هذه الطحالب وأشباهها كانت أول مصدر من مصادر إنتاج غاز الأكسجين .

وبمضى الزمن ازدادت كمية غاز الأكسجين فى الهواء ؛ ومن ثم ظهرت أنواع أخرى من النباتات ذات التركيب الأكثر تعقيدا والتى ساهمت بدورها فى إنتاج كميات أخرى من هذا الغاز .

ولم تستمر الحال هكذا طويلاً : أى لم تستمر الزيادة المطردة فى تكوين هذا الغاز - فقد ظهرت فى العصور الجيولوجية المتأخرة أنواع جديدة من الكائنات الحية التى تستهلك الأكسجين ، وهى الحيوانات ، وبذلك حدث اتزان طبيعى بين كمية غاز الأكسجين المنتجة وكميته المستهلكة .

تجديد الغلاف الجوى :

يتغير تركيب الغلاف الجوى تغيراً مستمراً وإن كان غير ملحوظ إلا أن هذا التغير من البطء بحيث يمكن القول بأن تركيبه اليوم هو تركيبه نفسه منذ ٥٠٠ مليون سنة . ويحدث هذا التغير نتيجة لامتصاص بعض مكونات هذا الغلاف : إما بالتربة وسطح الأرض ، وإما عن طريق الكائنات الحية أو عن طريق فقد بعض منها إلى الفضاء الخارجى .

ويحتاج الغلاف الجوى إلى عملية تعويض أو تجديد لما فقده من غازات . وهذه العملية تتسم كذلك بالبطء الشديد فيحتاج تزويد الغلاف

الجوى بكمية من غاز ثانى أكسيد الكربون تعادل الكمية التى به أصلا إلى حوالى ٤ – ٨ أعوام ، ويحتاج التجديد الشامل لغاز الأكسجين لحوالى ٣٠٠٠ سنة ولغاز النتروجين إلى حوالى ١٠٠ مليون سنة .

وتكشف دراسة دورة الاستهلاك والتجديد لغازات الغلاف الجوى عن عملية اتزان معقدة تبلغ حد الإعجاز وتشمل تربة الأرض والهواء والحيوان والنبات ، وذلك لأن أغلب الكائنات الحية تتكون أساساً من عناصر الهواء نفسها وهى الأكسجين والماء والكربون والهيدروجين .

وكما سبق أن بينا فإن غاز الأكسجين يتجدد عن طريق النباتات ، وهى عملية يومية لا تنقطع أبداً . كذلك فإن ثانى أكسيد الكربون يتجدد عن طريق الحيوانات فهى تخرجه دائماً مع زفيرها .

وهناك طرق أخرى لتجديد غاز ثانى أكسيد الكربون : فمثلا عندماتتحلل النباتات ببعض أنواع البكتريا – يكون ثانى أكسيد الكربون من بين نواتج هذا التحلل ويتصاعد إلى الجو ؛ كذلك تنطلق كميات هائلة من هذا الغاز عند احتراق المواد التى تستعمل فى الوقود مثل البترول والفحم والخشب . وبخلاف ما سبق فإن البحار تعتبر بدورها مخزناً ضخماً لثانى أكسيد الكربون بما فيها من رواسب ونباتات وحيوانات متحللة .

وتقدر كمية غاز ثانى أكسيد الكربون المختزنة بالبحار بحوالى خمسين ضعفاً لتلك الكمية الموجودة منه فعلا فى الغلاف الجوى .

ولا يفوتنا هنا أن نذكر أن النباتات تقوم خلال النهار بامتصاص غاز ثانى أكسيد الكربون مستخدمة إياه – فى وجود طاقة الشمس – فى تصنيع موادها العضوية ، وهكذا تتكشف لنا مرة أخرى عملية الاتزان الرائعة ، ففى الوقت الذى تقوم فيه النباتات باستهلاك هذا الغاز تقوم العوامل السابق ذكرها مجتمعة بتجديده وتعويض النقص فيه .

وتظهر عملية الاتزان فى أجلى صورها فى دورة استهلاك وتجديد غاز النتروجين ويعتبر غاز النتروجين أكثر الغازات شيوعا فى الغلاف الجوى : فهو يكون ٧٨٪ من الهواء . ويتصف غاز النتروجين بخموله النسبى ؛ فهو ذو قدرة ضئيلة على التفاعل أو الاتحاد مع بقية العناصر الأخرى .

وحيث إن جميع الكائنات الحية دون استثناء – سواء منها النباتات أو الحيوانات – تحتاج فى غذائها إلى مواد تحتوى على عنصر النتروجين فقد سببت قدرة هذا الغاز الضئيلة على التفاعل متاعب جمة للجنس البشرى ؛ فهو لا يتفاعل مثلاً وتربة الأرض ، ولا يدخل فيها ولا يستطيع النبات أو الحيوان امتصاصه من الجو مباشرة . ولهذا لجأ الإنسان إلى الاستعانة بوسائل مصطنعة لإدخال هذا العنصر إلى تربة الأرض عن طريق استخدام الأسمدة النتروجينية .

ولحسن الحظ أوجدت الظروف للإنسان حليفاً صغيراً يساعده فى هذا الشأن ، وهذا الحليف الصغير ذو النفع الكبير نوع من البكتريا يسمى « مثبتة النتروجين » وهو على صغره وضآلته قادر على امتصاص غاز

النتروجين من الهواء وتحويله إلى مركبات نتروجينية نافعة تختلط بتربة الأرض وتستطيع النباتات الأخرى امتصاصها من التربة .

وعلى الرغم من التقدم الذى أحرزه العلم – فإنه لم يستطع بعد الكشف عن سر هذه البكتريا وكفايتها فى امتصاص النتروجين من الجو وتحويله إلى مركبات النترات التى يحتاج إليها النبات ويستخدمها فى بناء أعواده وأوراقه .

ويقوم الحيوان بالتهام هذه النباتات المحتوية على النتروجين ويستخدمها غذاء له ، وهو يقوم بالاحتفاظ ببعض النتروجين فى جسده على حين يعيد ما زاد عن حاجته إلى التربة مرة أخرى عن طريق إفرازاته على هيئة مركبات اليوريا والنشادر .

ومن الطبيعى أن تعيد هذه الحيوانات وكذلك النباتات كل ما فى أجسادها من النتروجين إلى التربة عندما تموت وتتحلل . ويقوم بعملية التحلل هذه نوع خاص من البكتريا تسمى بكتريا التعفن : فهى تحيل مركبات النتروجين المعقدة التى بأجسام الكائنات إلى مركبات نتروجينية أخرى أبسط منها فى التركيب .

ويتولى العمل عند هذا الحد نوع ثان من البكتريا يقوم بتحويل هذه المركبات إلى أملاح النترات المعدنية ، وحينئذ يقوم نوع ثالث من البكتريا بإطلاق غاز النتروجين الحر من هذه الأملاح الذى يعود مرة أخرى إلى الغلاف الجوى .

وهكذا تستكمل دورة الاستهلاك والتجديد لغاز النتروجين وهى ذات أهمية أعظم فى مقابلة الاحتياجات العضوية لجميع الكائنات الحية .

كيف احتفظت الأرض بغلافها الجوى

ما الذى يمنع حقاً غلافنا الجوى من التطاير والانتشار فى الفضاء الخارجى ؟

تتميز ذرات أو جزيئات الغاز بقدرتها الفائقة على الحركة والانتشار ، ولاشك أننا جميعاً قد لاحظنا كيف تنتشر رائحة الشواء أو رائحة الحريق فى جميع الاتجاهات . وذلك لأن جزيئات الغازات الناتجة عن هاتين العمليتين لا تلبث أن تنتشر وتتحرك فى كل اتجاه وبمنتهى الحرية .

وينبنى على هذا أن الغاز إذا لم يكن محصوراً بين جدران وعاء ما . فإن جزيئاته لابد أن تسبح فى جميع الاتجاهات وتتخطى جميع المسافات دون عائق .

وحيث إن غلافنا الجوى لا يحتويه وعاء ما وليس هناك مثلا غطاء زجاجى يحيط به ويحول دون حركته – فلماذا إذن لا تنتشر هذه الغازات المكونة للغلاف وتهرب إلى الفضاء الواسع المحيط بالأرض ؟ وما الذى يجبرها على البقاء فى النطاق المسمى بالغلاف الجوى ؟ . .

الإجابة عن هذه الأسئلة يمكن تلخيصها فى كلمتين : « قانون الجاذبية » :

فمن المعروف أن كل كتلة تؤثر فى الأخرى بقوة معينة تسمى بقوة

الجاذبية وهى تختلف من كتلة لأخرى : فكلما زادت كتلة الجسم زادت فعالية جاذبيته .

وقانون الجاذبية قانون مطلق فى هذا الكون وتبدو مظاهره وآثاره فى كل مكان فيه ، فإن جميع تحركات أفراد مجموعتنا الشمسية مثلا حركات منتظمة مقيدة تقيدها قوة الجاذبية المتبادلة بينها وبين الشمس ، وكذلك جميع الأجرام السماوية الأخرى تجذب بعضها بعضاً بقوى ثابتة تجعلها تبدو فى هذا الانتظام الرائع .

وبما أن الأرض ذات كتلة ضخمة كبيرة فإنها تؤثر على جزيئات الغاز التى يتكون منها جو الأرض وتجذبها نحوها وتحول دون انتشارها بعيدا عنها تماما كما تحول قوتها الجاذبة دون انطلاق الحجر الذى نقذف به إلى أعلى انطلاقا حراً غير مقيد .

ولو تصورنا أننا قذفنا بحجر بقوة فى اتجاه السماء فإن هذا الحجر ينطلق إلى أعلى فى أول الأمر متحدياً جاذبية الأرض ، وهو يستمر فى الصعود نحو السماء لفترة ثم لا يلبث أن يفقد سرعته تدريجيا تحت تأثير جاذبية الأرض له التى تتغلب عليه فى نهاية الأمر وتعود به ساقطا إلى أسفل مع ازدياد تدريجى فى سرعته .

ولو أننا دفعنا هذا الحجر مرة أخرى فى اتجاه السماء بقوة أكبر — أى بسرعة أكبر — فإننا نجد أن هذا الحجر يزداد تحدياً لجاذبية الأرض فيرتفع أكثر فى اتجاه السماء قبل أن يعود إلى الأرض مرة أخرى .

وبازدياد سرعة هذا الحجر كل مرة يزداد ارتفاعه عن سطح الأرض ، ولاشك أن هناك سرعة معينة يمكن عندها الأجسام المتحركة أن تتغلب على جاذبية الأرض وأن تفلت منها وتنطلق إلى الفضاء الواسع حرة طليقة .

هذه السرعة التى يتمكن عندها الجسم من الانطلاق بحرية إلى الفضاء أو التى يتمكن عندها الجسم من الإفلات من جاذبية الأرض تسمى سرعة الهرب أو سرعة الإفلات ، وهى تبلغ عند سطح الأرض حوالى ١١,٢ من الكيلومتر فى الثانية ، وهى السرعة التى لابد أن تبلغها القذائف الصاروخية حتى تتمكن من التحرر من جاذبية الأرض .

وينبغى أن نبين هنا أن هذه السرعة لازمة لجميع الأجسام ولا علاقة لها بكتلة أو وزن الجسم المنطلق ، فسواء كان هذا الجسم ذرة غاز أو صاروخاً ضخماً فإن سرعة الإفلات تبقى كما هى أى ١١,٢ من الكيلومتر فى الثانية .

وإذا افترضنا أن جميع ذرات الغازات التى يتكون منها الغلاف الجوى لِلأرض تمتلك سرعات أعلى من هذا الحد . فإنها قطعاً ستتمكن من التغلب على جاذبيةالأرض لها ، وتغادر الأرض إلى الأبد وتبقى الأرض آخر الأمر عارية من غلافها .

ولكن الوضع يخالف هذا كثيراً ، فإن متوسط سرعات جزيئات غازات الهواء تقع فى مستوى أقل من هذا بكثير : أى أنها أقل بكثير من

سرعة الإفلات عند درجات الحرارة العادية .

وفيما يلى متوسط السرعات لبعض الغازات عند درجات الحرارة العادية :

الغاز	السرعة كم / ثانية
الهيدروجين	١,٨
الهليوم	١,٣
النتروجين	٠,٥
الأكسجين	٠,٤٥
ثانى أكسيد الكربون	٠,٤
بخار الماء	٠,٦

ونلاحظ أن الأرقام المذكورة أعلاه أقل بكثير من السرعة اللازمة للتحرر من جاذبية الأرض . وتعنى كلمة متوسط السرعات أن هناك جزيئات من الغاز تسير بسرعة أقل من هذا المتوسط ، كما أن هناك جزيئات أخرى من الغاز نفسه تتحرك بسرعات أكبر من ذلك . وبما أن متوسط السرعة فى حالة جزيئات كل من غازى الهيدروجين والهليوم أعلى بكثير من متوسط السرعة فى حالة جزيئات الغازات الأخرى فيمكننا أن نستنتج أن النسبة المئوية للجزيئات ذات السرعة العالية جداً فى هذين الغازين أعلى منها بكثير عن مثيلتها فى الغازات الأخرى : ويعنى هذا أن عدد الجزيئات التى تتحرك — فى حالة غازى الهيدروجين والهليوم —

بسرعات تقترب من أو تزيد على سرعة الإفلات - أكثر من عدد هذه الجزيئات نفسه فى حالة غاز آخر مثل غاز ثانى أكسيد الكربون .

وينبنى على هذا أن نتوقع أن عدد جزيئات الهيدروجين أو الهليوم التى تتحرر من جاذبية الأرض وتنطلق إلى الفضاء الخارجى - أكبر بكثير من عدد الجزيئات التى تفقد من غاز ثانى أكسيد الكربون .

والنتيجة النهائية لذلك أن هناك عملية فقد مستمرة بالنسبة لغازى الهيدروجين والهليوم من الغلاف الجوى إلى الفضاء الخارجى فى حين أن الكمية الضئيلة التى تفقد من غاز ثانى أكسيد الكربون يمكن تعويضها عن طريق عملية الاتزان السابقة الذكر .

وتشبه عملية فقد جزيئات الغاز إلى الفضاء الخارجى عملية التقطير بالنسبة للسوائل . فلو أننا بدأنا بمزيج من سائلين ورفعنا درجة حرارة هذا المزيج إلى درجة حرارة معينة - فإن السائل الأكثر تطايراً - أى السائل الذى تتحرك جزيئاته عند هذه الدرجة بسرعة عالية - يتحول إلى بخار ويتقطر ، فى حين أن السائل الأقل تطايراً - أى السائل الذى تتحرك جزيئاته بسرعات قليلة - يعود مرة ثانية إلى إناء التقطير .

وتفسر هذه النظرية تفسيراً كافياً فقد الأرض لكل من غازى الهيدروجين والهليوم اللذين كانا بغلافها على مدى السنين الطويلة التى مرت على وجودها .

وحيث إن سرعة الإفلات عند سطح أى كوكب تتناسب هى وقوة

جاذبيته ، التى تتعلق هى الأخرى بكبر أو صغر كتلته فيمكننا إذن أن نستنتج الحقيقة التالية وهى أنه كلما صغرت كتلة الكوكب قلت سرعة الإفلات عند سطحه ومن ثم قلت قدرته على الاحتفاظ بغلافه الجوى . ويعتبر هذا صحيحاً فى حالة جميع كواكب مجموعتنا الشمسية :

فنى حالة كوكب الزهرة وهى أصغر من الأرض نجد أن سرعة الإفلات عند سطحها تبلغ ١٠,٧ من الكيلومتر فى الثانية ، وهى سرعة أقل من سرعة الإفلات عند سطح الأرض ، وبذلك فإننا لا ننتظر من هذا الكوكب أن يحتفظ بغلاف جوى مشابه لغلافنا الأرضى ، بل سيكون قطعاً أخف وأقل كثافة ، كذلك فى حالة المريخ وهو أقل فى الكتلة من الأرض فإن سرعة الإفلات عند سطحه تبلغ ٥ كيلومترات فى الثانية وينتظر بذلك أن يكون غلافه الجوى أخف وأرق من غلافنا الجوى بكثير .

أما بالنسبة لكوكب عطارد الذى يبلغ حجمه $\frac{١}{٢٥}$ من حجم الأرض . فتبلغ سرعة الإفلات عند سطحه ٣.٥ من الكيلومتر فى الثانية . وهى سرعة قريبة جدا من متوسط سرعات جزيئات الغازات السابقة الذكر . وعلى هذا فإن جميع هذه الغازات يمكنها أن تتحرر من جاذبيته خلال فترة زمنية قصيرة . فلو فرضنا أنه كان يمتلك غلافاً جوياً معقولاً فهو على الأغلب لم يستطع أن يحتفظ بهذا الغلاف أكثر من أربعة قرون ليصبح بعد ذلك عارياً تماماً .

أما بالنسبة للقمر ذى الكتلة الصغيرة فتبلغ سرعة الإفلات عند سطحه ٢.٤ من الكيلومتر فى الثانية ومن الطبيعى أنه لا يستطيع أن يحتفظ بغلافه الجوى إن وجد .

ويختلف الأمر عندما نصل إلى الكواكب الكبيرة ذات الكتل الضخمة مثل كوكبى المشترى وزحل حيث تبلغ سرعة الإفلات عند سطحيهما ٦١ ، ٢١ كيلومتراً فى الثانية على الترتيب . وارتفاع سرعة الإفلات عند سطحى هذين الكوكبين لا تتسبب فقط فى احتفاظهما بغلاف جوى مشابه لغلاف الأرض ، ولكنها أيضا تتسبب فى احتفاظ هذه الكواكب بالغازات الخفيفة مثل الهيدروجين والهليوم وذلك لكبر الفرق بين سرعات الإفلات وبين متوسط السرعات لجزيئات هذين الغازين .

وقد نتج عن وجود غاز الهيدروجين بالغلاف الجوى لهذه الكواكب أن ظهرت بها أنواع جديدة من الغازات مثل غازى الميثان والنشادر التى تكونت باتحاد الهيدروجين بعنصرى الكربون والنتروجين على الترتيب مما يظن معه أن أجواء هذه الكواكب خانقة لا تصلح لصور الحياة التى نعرفها على سطح الأرض . أما غاز الهليوم الذى بهذه الكواكب فمن المنتظر أن يبقى كما هو لأنه غاز خامل لا قدرة له على الاتحاد مع غيره من العناصر .

طبقات الغلاف الجوى :

على الرغم من أن تركيب الهواء يعتبر ثابتاً على وجه التقريب ، فإن كثافته تختلف اختلافا كبيراً باختلاف الارتفاع : فهو أكثر ما يكون كثافة بجوار سطح الأرض ثم تقل هذه الكثافة سريعا كلما ارتفعنا بعيداً عن سطح الأرض : فعلى ارتفاع ستة أميال تقل كثافة الهواء ويبلغ من الرقة مبلغا يصعب معه على أى كائن حى أن يعيش وأن يتنفس فيه بل يتعرض للاختناق ، أما على ارتفاع اثنى عشر ميلا فليس بغلالة الهواء الرقيق من الأكسجين ما يكفى حتى إشعال شمعة صغيرة .

وبديهى أنه كلما زاد الارتفاع وقلت الكثافة قل عدد جزيئات الغاز وزادت من ثم المسافات التى تفصل بين هذه الجزيئات . فمثلا مقابل كل مليون جزىء من الغاز عند سطح الأرض جزىء واحد فقط من الغاز عند ارتفاع ٦٠ ميلا . وبينما لا يستطيع جزىء الغاز عند سطح الأرض أن يتحرك بمقدار جزء من مليون من البوصة دون أن يصطدم هو وغيره من الجزيئات يمكن هذا الجزىء نفسه – عند ارتفاع ٦٠ ميلا – أن يتحرك بمقدار بوصة كاملة قبل أن يصادفه أى جزىء آخر .

وعلى ارتفاع مئات الأميال من سطح الأرض تنتشر جزيئات الغاز فى الفضاء الخارجى . وتتحرك هذه الجزيئات بسرعات مختلفة تعتمد أساساً على السرعة التى اكتسبتها فى آخر اصطدام لها مع جزيئات الهواء

الأخرى . والجزيئات التى تتحرك بسرعة قليلة تعود فتسقط فى بحر الهواء تحت تأثير جاذبية الأرض فى حين أن الجزيئات المتوسطة السرعة تستطيع التخلص من جاذبية الأرض إلى حد كبير فتسير حول الأرض فى مدارات بيضاوية الشكل مثل التوابع الصناعية . أما الجزيئات التى تتحرك بسرعات عالية فهى تتخلص تماماً من جاذبية الأرض وتنطلق فى الفضاء هاربة إلى الأبد .

وعلى هذا يمكننا أن نشبه طبقات الغلاف الجوى العليا بسطح البحر ، ولكنه ليس بحراً هادئاً بأى حال ، بل هو بحر مضطرب فائر يعلوه الزبد ويغطيه الضباب الرقيق ، وهو يشبه فى رقته رذاذ الماء المتكون من ذرات الماء الدقيقة الذى يشاهد كالغلالة حول نافورات المياه والذى نراه شديد الحركة دائم التغير .

وقد اختلف العلماء فى تقدير مدى الارتفاع الذى توجد به منطقة الانتشار المذكورة . فبعض يؤكد أنها تبتدئ عند ارتفاع ٢٤٠ ميلا وتستمر حتى ارتفاع ٤٠٠ ميل من سطح الأرض . وبعض آخر يؤكد أنها تبتدئ عند ارتفاع ٦٠٠ ميل وتمتد إلى ارتفاع ٦٠٠٠ ميل . وعلى أية حال فمنطقة الانتشار هذه تعتبر الحد الأقصى للغلاف الجوى التى وراءها الفضاء الخارجى .

وبخلاف التغير الكمى الملاحظ بالغلاف الجوى — فهناك تغير آخر كيفىّ يظهر على ارتفاعات مختلفة من سطح الأرض : فمثلا عند ارتفاع

يتردد بين ١٨ – ٤٠ كيلومتراً من سطح الأرض يحدث تغير كيمياوى فى بعض مكونات هذا الغلاف : فى هذه المنطقة تتعرض جزيئات غاز الأكسجين لتيار من الأشعة فوق البنفسجية الصادرة من الشمس ، وهذه الأشعة من القوة بحيث تتسبب فى تفكك جزيئات غاز الأكسجين إلى ذرات حرة منفردة ثم تعود إلى الاتحاد بعضها وبعض مرة أخرى مكونة غاز الأوزون الذى تحتوى جزيئاته على ثلاث ذرات من الأكسجين . ويكون هذا الغاز الجديد غلالة رقيقة تحيط بالأرض على هذا الارتفاع ، وتؤدى هذه الطبقة الجديدة دوراً هاما فى حماية حياة الكائنات الحية بأنواعها التى تعيش على سطح الأرض : فهى تقوم بامتصاص قدر كبير من الأشعة فوق البنفسجية الحارقة ، ولا تسمح إلا بمرور قدر ضئيل منها يكفى مساندة حياة البشر ومنع مرض الكساح وقتل البكتريا الضارة بأنواعها ، ولولا وجود هذه الطبقة من غاز الأوزان على هذا الارتفاع لتسببت هذه الإشعاعات القوية فى قتل الحياة على سطح الأرض !

وعند ارتفاع يزيد عن ٨٠ كيلومترا عن سطح الأرض تتفكك جزيئات غاز الأكسجين تحت تأثير إشعاعات الشمس إلى ذرات حرة طليقة وتتفكك عندها كذلك جزيئات بخار الماء لتعطى بعضاً من الهيدروجين وأيونات الهيدروكسيل كما تتأين فى هذه المنطقة جميع الغازات الأخرى وتحمل ذراتها بذلك شحنات كهربية مختلفة .

وربما كان من أشد الأشياء إثارة للدهشة ما أثبتته الدراسات الخاصة بالغلاف الجوى من أن درجة الحرارة فى هذا الغلاف لا تخضع لنظام ثابت : فقد كان من المتوقع أن تكون أشد طبقات الغلاف سخونة هى تلك الطبقات الملامسة لسطح الأرض ، ثم تتدرج بعد ذلك درجة الحرارة فى النقصان كلما ارتفعنا وبعدنا عن سطح الأرض . وقد بينت هذه الدراسات أن هذا ليس صحيحاً على الدوام ، بل اتضح أن درجة الحرارة تتأرجح بين الزيادة والنقصان على ارتفاعات مختلفة :

فنى الطبقات الملامسة لسطح الأرض تكون درجة الحرارة فى الغلاف الجوى مرتفعة نسبيا وذلك بفعل الحرارة التى تشعها الأرض ، وبذلك نتوقع أن يكون أعلاها حرارة ما كان منها ملاصقاً للأرض مباشرة وأن يكون أقلها حرارة ما كان منها بعيداً عن سطح الأرض . وتنطبق هذه القاعدة على الطبقات السفلى من الغلاف الجوى : فنجد أن متوسط درجة الحرارة فى الطبقات الملامسة لسطح الأرض يبلغ حوالى ١٥° م ، ثم تقل درجة الحرارة تدريجا كلما بعدنا عن سطح الأرض حتى تصل إلى ارتفاع حوالى ١٦ كيلومترا ، فيصبح متوسط درجة الحرارة عند هذا الحد حوالى – ٥٠° م تحت الصفر . وبزيادة الارتفاع التدريجى عن هذا الحد نجد أنه ليس هناك انخفاض محسوس فى درجة الحرارة حتى نصل إلى ارتفاع حوالى ٣٥ كيلومتراً ، وهنا تبدأ درجة الحرارة فى الارتفاع مرة أخرى وذلك بسبب طبقات من بعض أنواع

الغازات مثل الأوزون الذى يمتص الحرارة من الشمس مباشرة .

وعند ارتفاع حوالى ٨٠ كيلومتراً من سطح الأرض تعود درجة الحرارة إلى الانخفاض مرة أخرى حتى تصل إلى – ٤٧° م تحت الصفر وذلك بسبب انتهاء طبقة الأوزون ، ثم تعود درجة الحرارة إلى الارتفاع التدريجى المنتظم حتى تصل إلى حوالى ١١٠٠° م عند ارتفاع حوالى ١٠٠٠ كيلومتر من سطح الأرض وذلك بسبب وجود طبقات من الغازات المتأينة عند هذا الارتفاع .

ومن الغريب أن الإنسان لا يحس بدرجات الحرارة العالية فى الفضاء بالدرجة التى يشعر بها نفسها بالحرارة عند سطح الأرض : وذلك لأن شعور الإنسان بالحرارة فى يوم صيفى حار مثلا ينتج عن اصطدام أعداد كبيرة من جزيئات الهواء السريعة الحركة بسطح جسده . وتحدد سرعة هذه الجزيئات مدى شعور الإنسان النسبى بالحر أو بالبرد .

وهذه إحدى الخواص التى تتميز بها الغازات فكلما ارتفعت درجة حرارة الغاز زادت الطاقة الحركية أى سرعة هذه الجزيئات ، وكلما انخفضت درجة حزارة الغاز قلت سرعة جزيئاته : وعلى هذا فإنه فى أثناء الصيف تكون سرعة جزيئات غازات الهواء عالية بدرجة كافية حتى إنها عندما ترتطم هى وسطح جسد الإنسان تؤدى إلى الإحساس بالدفء أو بالحرارة .

ولا يمكن تطبيق هذه القاعدة بصفة مستمرة فى الغلاف الجوى :

فعند الارتفاعات الشاهقة يكون الغلاف الجوى من الرقة بحيث إنه لايوجد مايكفى من جزيئات الغاز إثارة مثل هذا الشعور فوق جلد الإنسان ، وحتى لو كانت جزيئات الغاز ساخنة جدا وعالية الطاقة فإن العدد القليل جدا منها الذى يرتطم هو وجلد الإنسان لا يكفى إثارة الشعور بالحرارة .

وينتج عن ذلك أننا إذا وضعنا كائناً حياً على ارتفاع كبير من سطح الأرض ، مثل ارتفاع ٨٠ كيلومتراً مثلا حدث له أمر غاية فى الغرابة : فسيتعرض جانبه المواجه للشمس للحرق والتشويه بفعل الحرارة العالية التى تصل إليه من الشمس مباشرة ، على حين يتجمد جانبه الآخر البعيد عن الشمس بفعل البرودة الشديدة : والسبب فى ذلك أن الغلاف الجوى عند هذا الارتفاع غاية فى الرقة وليس به ما يكفى من جزيئات الغاز مما يسمح بحمايته وبتوزيع الحرارة حول جسده .

وقد أطلق الإنسان فيما مضى اسم « الأثير » على كل ما يعلو طبقات الهواء الذى نتنفسه على سطح الأرض . وبتقدم العلم وبازدياد معلومات الإنسان عن مظاهر الكون الذى حوله أمكنه تقسيم الغلاف الجوى إلى خمس مناطق طبقا لصفاتها وخواصها . وأطلق عليها أسماء خاصة هى التروبوسفير والستراتوسفير والميزوسفير والإيونوسفير والإكسوسفير طبقا لازدياد بعد هذه الطبقات عن سطح الأرض : فالأول منها وهو التروبوسفير هو أكثرها قرباً من الأرض ، والأخير منها وهو الإكسوسفير

هو أبعدها عن سطح الأرض .

ويجب أن ننوه هنا أن هذه الطبقات لا تحدها حدود ثابتة ، بل هى تتغير فى غلظها من موقع لآخر . وأكثر هذه الطبقات كثافة هو التروبوسفير وهى الطبقة الملامسة لسطح الأرض والتى تعيش فيها الكائنات الحية ، وتحتوى هذه الطبقة على أكثر من ثلاثة أرباع الغلاف الجوى . ويسمى الحد الأعلى لطبقة التروبوسفير عادة باسم تروبوبوز ، وهذا الحد على ارتفاع يتردد بين ٨ – ١٦ كيلومتراً طبقاً لموقعه فوق سطح الأرض : فيبلغ ارتفاع هذا الحد ثمانية كيلومترات فوق القطبين وحوالى ستة عشر كيلومتراً عند خط الاستواء ، كذلك تتردد درجة حرارة التروبوبوز بين – ٥٠° م تحت الصفر فوق القطبين وحوالى – ٧٣° م تحت الصفر فوق خط الاستواء وذلك بسبب ارتفاعه الشديد فوق هذه المنطقة .

وتعلو هذه الطبقة فى الاتجاه بعيدا عن سطح الأرض طبقة وهمية أخرى هى الإستراستو سفير وهى تمتد على ارتفاع يتردد بين ١٦ – ٢٥ كيلومتراً فوق سطح الأرض وتحيط بطبقة التروبوسفير وهى تتميز بالبرودة الشديدة حيث يبلغ متوسط درجة الحرارة بها حوالى – ٥٠° م تحت الصفر . وتتضمن هذه الطبقة بعض الجزيئات التى يندر وجودها فى الغلاف الجوى مثل جزيئات البيكبريتات التى لا توجد عادة فى الطبقات الأخرى من الغلاف ، ومن المظنون أن هذه الجزيئات تؤدى دورا هاما فى سقوط الأمطار .

ويعلو هذه الطبقة كذلك طبقة أخرى هى الميزوسفير وهى تمتد حتى حوالى ٨٠ كيلومتراً نحو الخارج ، وهى طبقة دافئة نسبيا حيث يبلغ متوسط درجة الحرارة بها حوالى عشر درجات مئوية . ويحدث تحول غاز الأكسجين إلى أوزان فى الجزء الأسفل من هذه الطبقة .

وتمتد طبقة الإيونوسفير من ٨٠ كيلومتراً إلى ما يقرب من ٥٥٠ - ١٠٠٠ كيلومتر . وتحتوى هذه الطبقة جزيئات متأينة من الغازات ، وينتج هذا عن ارتطام الأشعة السينية والأشعة فوق البنفسجية بجزيئات الهواء عند هذا الارتفاع . وتتسبب الطاقة العالية لهذه الإشعاعات فى تأين الجزيئات والذرات فتتحول إلى أيونات مشحونة بالكهرباء وإلى إلكترونات حرة طليقة عالية الطاقة . ونتيجة لذلك ترتفع درجة حرارة هذه الطبقة حتى إنها قد تصل إلى حوالى ١١٠٠ م° عند حافتها العليا .

وعلى الرغم من عظم غلظ هذه الطبقة الذى يبلغ فى المتوسط من ٥٠٠ - ٩٠٠ كيلومتر فإن هذه الطبقة لا تحتوى إلا على قدر ضئيل جدا من غازات الغلاف الجوى نظراً لرقته المتناهية عند هذا الارتفاع .

كذلك يجب أن ننوه مرة أخرى أنه على الرغم من ارتفاع درجة حرارة هذه الطبقة فإن أى جسم يمر بطبقة الإيونوسفير لا يستطيع أن يمتص منها ما يكفى من الحرارة نظراً لرقة الغاز المتخلخل فيها . ومن ثم فإن الشعور بالحرارة الشديدة داخل هذه الطبقة يكاد يكون معدوماً تماماً .

ولقد عرف الإنسان منذ زمن طويل أثر طبقة الإيونوسفير على

موجات الإذاعة والراديو ، فهذه الطبقة مسئولة إلى حد كبير عن رد موجات الراديو إلى سطح الأرض : أى أنها تعتبر طبقة عاكسة للموجات تساعد على امتدادها إلى مسافات بعيدة فوق سطح الأرض . وتتأثر هذه الطبقة إلى حد كبير بالنشاط الشمسى ، فتزداد حالة التأين بها عند حدوث الانفجارات الشمسية ، وينتج عن ذلك أن تمتص هذه الطبقة الموجات اللاسلكية وتتسبب فى تشويش وقطع الاتصالات اللاسلكية والإذاعية فوق سطح الأرض . ونحن نشعر بذلك فى حياتنا العادية ، فكلنا نعرف أن الاتصالات اللاسلكية والإذاعية تكون أكثر وضوحا فى أثناء الليل وذلك لأن طبقة الإيونوسفير المواجهة للجزء المعتم من الأرض تكون بعيدة عن ضوء الشمس والإشعاعات القوية الصادرة منها فتصبح حالة التأين بها متوسطة القدر مما يساعد على ارتداد الموجات اللاسلكية إلى سطح الأرض .

وتسمى الطبقة العليا من الغلاف الجوى بطبقة الإكسوسفير ، وهى تعتبر آخر طبقات هذا الغلاف وتنتهى عند سطحه الأعلى . ويبلغ الهواء فى هذه الطبقة حدا فائقاً من الرقة حتى إن جزيئاته وذراته تسبح شبه حرة بعيدة كل البعد بعضها عن بعض ، بل إن بعضا منها قد يفلت منها منطلقا إلى الفضاء الخارجى بلا عودة . وقد عرف الإنسان هذه الطبقة حديثاً بعد استخدامه للقذائف الصاروخية والأقمار الصناعية .

ومن المعتقد أن هذه الطبقة تتكون من غلافين متداخلين : الأول منهما

يتكون أساساً من غاز الهليوم ويبلغ غلظه حوالى ١٥٠٠ كيلومتر يحيط به غلاف آخر رقيق من غاز الهيدروجين الذى قد يمتد حتى حوالى٦٥٠٠ كيلومتر أو أكثر قبل أن يتلاشى الغلاف الجوى فى الفضاء الخارجى . وحيث إن طبقة الإكسوسفير غلالة رقيقة جدا فيمكننا أن نتصور كمية كل من غاز الهليوم وغاز الهيدروجين اللذين بهذه الطبقة غاية فى الضآلة .

وتتضمن هذه الطبقة على ما يسمى بالماجنيتوسفير وهى تعتبر مصيدة على درجة عالية من القوة لها القدرة على الإمساك بفتات الذرات القادمة من الشمس .

وقد كان العالم جيمس فان ألن هو أول من اكتشف عام ١٩٥٨ ما سمى فيما بعد باسم أحزمة فان ألن ، ثم تبين بعد الدراسات المستفيضة أن أحزمة فان ألن إنما هى فى الحقيقة حزام واحد كبير سمى بالماجنيتو سفير ، وهو يبدأ عند ارتفاع ١٠٠٠٠ كيلومتر لكى يتوقف فجأة عند ارتفاع ٦٥٠٠٠ كيلومتر فى الفضاء .

ويمثل هذا الحزام الأشعة الكونية المحتبسة داخل مجال الأرض المغنطيسى ، وقد اعتبرت هذه الطبقة المشعة من ضمن الأخطار التى قد تقابل المسافر فى الفضاء ، ولكنها بالنسبة للأحياء الذين يعيشون على سطح الأرض تمثل درعاً واقية يحمى سطح الأرض من الإشعاعات القاتلة التى تتدفق من الفضاء الخارجى نحو سطح الأرض .

وتمثل الأشعة الكونية أحد أخطار الفضاء وهى لا تنبع من مكان معين ولكنها تنطلق فى أرجاء الفضاء وتتكون من كثير من الجسيمات الأولية العالية الطاقة . ويتدفق فى كل ثانية تريليون من هذه الجسيمات الفائقة الطاقة فى اتجاه سطح الأرض وتبلغ قوتها الكلية حوالى ألف مليون وات . ولكنها عندما تدخل مجال الأرض المغنطيسى فى إطار الماجنيتوسفير فإنه يمسك بأغلب هــذه الإشعاعات ويحرقها بعيدا عن سطح الأرض ولا يخترق منها الغلاف الجوى إلا أقل القليل . وحتى هذا الجزء الصغير الذى يستطيع الإفلات من الماجنيتوسفير ويقوم باختراق الغلاف الجوى – وخاصة قرب القطبين المغنطيسيين – يتصادم هو وجزيئات الهواء وينتج عن ذلك تحطم هذه الجسيمات إلى جسيمات ثانوية ذات طاقة أقل حتى إنها عندما تصل إلى سطح الأرض تكون قد فقدت أغلب قوتها .

وعلى الرغم من هذه الحماية التى يوفرها الغلاف الجوى لسطح الأرض فإن عدد الجسيمات التى ترتطم هى وهذا السطح تبلغ حوالى ثمانية جسيمات لكل سنتيمتر مربع كل ست دقائق ، وأغلب هذه الجسيمات مازال يمتلك قدرة هائلة على اختراق الأجسام : ويعنى هذا أن الإنسان يتعرض كل ساعة إلى عدة آلاف من هذه الجسيمات ولا مفرّ له من ذلك ، إلا أنه لحسن الحظ يقوم الغلاف الجوى بحجز الجسيمات الأصلية للأشعة الكونية ذات الأثر القاتل الفتاك .

مظاهر الليل والنهار

تعتمد مظاهر الجمال التى نراها فى البيئة المحيطة بنا فى جوهرها على وجود الغلاف الجوى .

وينتج لون السماء الأزرق الذى نراه نهاراً عندما تمر أشعة الشمس خلال الهواء . ويمكننا تصور ما يحدث لأشعة الضوء إذا تذكرنا ما يحدث لموجات المياه ذات الأطوال المختلفة عند اصطدامها بقوائم الكبارى .

عندما تصطدم الموجات الصغيرة وقوائم الكوبرى فإنها تتفرق وتنتشر فى جميع الاتجاهات ثم تختفى بعد قليل . ويحدث هذا التشتت دائما لجميع الموجات التى تكون أطوالها أقل من قطر قوائم الكوبرى أو مساوية لهذا القطر ، أما الموجات الطويلة مثل تلك الموجات التى تحدث بعد مرور إحدى السفن الكبيرة بالنهر - فإنها عندما تصطدم هى وقوائم الكوبرى لا تتفرق أو تتشتت ، بل تعود إلى الالتئام خلف هذه القوائم دون أن تتأثر .

هذا هو ما يحدث تماما لأشعة الضوء عند عبورها للغلاف الجوى المحيط بالأرض ومن المعروف أن أشعة الشمس تتكون من خليط من الإشعاعات ذات الأطوال الموجية المختلفة ، ويظهر ذلك بوضوح عند مرور أشعة الشمس فى منشور من الزجاج حيث ينحل شعاع الضوء

الأبيض إلى سبعة ألوان هى على الترتيب : الأحمر والبرتقالى والأصفر والأخضر والأزرق والنيلى والبنفسجى . والأشعة الحمراء هى أكثر هذه الموجات طولا فى حين أن الأشعة البنفسجية هى أقصرها على الإطلاق .

وعند مرور أشعة الشمس خلال الغلاف الجوى فإن هذا الخليط الذى يتكون من الإشعاعات ذات الأطوال الموجية المتغايرة يرتطم هو وملايين من جزيئات الغازات التى يتكون منها الهواء . وتحدث هنا الظاهرة التى سبق شرحها نفسها بالنسبة لموجات الماء عند ارتطامها بقوائم الكوبرى : فالإشعاعات القصيرة الموجة التى يتكون منها شعاع الضوء تنتشر وتتشتت فى جميع الاتجاهات على حين لا تتأثر الإشعاعات ذات الموجات الطويلة . وتمر بالغلاف الجوى دون أن تتأثر .

ويحدث هذا التشتت بالنسبة للأشعة الزرقاء التى تدخل فى تركيب أشعة الشمس ؛ لأن طولها الموجى يكون مساوياً على وجه التقريب لقطر جزيئات الهواء ، فتنتشر فى جميع الاتجاهات فى حين أن بقية الإشعاعات الأخرى الطويلة الموجة يمكنها أن تخترق الغلاف الجوى وتصل إلى سطح الأرض . وينتج عن انتشار الأشعة الزرقاء وحدها خلال الهواء ظهور السماء وكأنها قد تلونت باللون الأزرق .

وعلى هذا فليست السماء أو ما نسميه بالقبة الزرقاء نهاراً قبة من زجاج أو من بناء ، ولكنها فى الواقع غشاء لامع رقيق قام بنسجه الضوء والهواء معاً .

وهذه الغلالة الرقيقة ذات اللون الأزرق الباهت لا تشاهد إلا بجوار سطح الأرض حتى ارتفاع لا يتجاوز اثنى عشر ميلا فقط ، إما إذا ارتفعنا عن هذا الحد فإننا نجد السماء وقد تلونت باللون البنفسجى حتى إذا وصلنا إلى ارتفاع ٢٠ ميلا من سطح الأرض نجد أن السماء قد أظلمت وظهرت سوداء اللون كما نراها ليلا وشاهدنا بها النجوم. والسبب فى ظهور السماء سوداء عند هذا الارتفاع أن الغلاف الجوى يصبح عند هذا الحد على درجة من الرقة بحيث لا تنعكس عليه أشعة الضوء ولا تتفرق. وهذا يشبه تماماً ما يراه زائر القمر : فسيجد سطح القمر وقد غمرته الشمس بضيائها الساطع فى حين يرى سماءه سوداء تزينها النجوم حتى ليظن أن هذا الضوء الساطع الذى يغمر القمر يصدر من القمر نفسه ، والسبب فى هذه الظاهرة طبعاً أن القمر لا يمتلك غلافاً جويا ومن ثم لا تنكسر أشعة الضوء فى سمائه.

وبالمنطق السابق نفسه يمكن تفسير بقية الألوان التى تصطبغ بها السماء عند الفجر أو عند الغروب : ففى هذه الحالات تكون الشمس مائلة عند الأفق وتظهر وكأنها تلامس سطح الأرض ، ويحتم هذا على أشعتها أن تخترق طبقات من الغلاف الجوى أكثر غلظا من المعتاد بمعنى أن على أشعتها أن تعبر أميالا أكثر من الغلاف الجوى فيها لو كانت الشمس فى وسط السماء وقت الظهيرة ، وتقوم جزيئات الهواء وبخار الماء وذرات الهباء التى بكل هذه الطبقات من الجو بتبديد وترشيح جميع

الإشعاعات الضوئية ذات الموجات القصيرة ، ولا ينفذ إلينا إلا الإشعاعات الضوئية ذات الموجات الطويلة مثل الأشعة الحمراء والبرتقالية ، فتظهر السماء وكل الأجسام وكأنها اصطبغت بهذه الألوان .

وتنطبق القاعدة السابقة نفسها على قوس قزح وأشباهه مما نراه فى السماء ، فهى تنتج كذلك عن فصل مكونات الهواء فى أشعة الضوء التى قد تنحنى أو تتفرق وتتحلل إلى مكوناتها المختلفة عند اصطدامها بقطرات المطر أو بلورات الثلج الدقيقة أو بالسحاب .

على أن هناك بعضاً من الظواهر الطبيعية التى لا ينطبق عليها هذا التفسير مثل «وهج الهواء» Air Glow الذى نلحظه أحيانا عند الأفق فى الليالى الظلماء غير المقمرة وهذا الضوء فى الحقيقة إشعاع خافت يصدر من بعض ذرات عناصر الصوديوم والأكسجين والنتروجين المنشطة بفعل إشعاعات الشمس خلال النهار .

وربما كان الشفق القطبى من أشد مناظر السماء إثارة للإعجاب والدهشة – وأحيانا للخوف – الخوف من المجهول . ويظهر هذا الشفق فى بعض ليالى الربيع على شكل إشعاعات من الضوء الملون تنتشر من الأفق إلى سمت السماء . وهو قد يتخذ أشكالا مختلفة فهو أحيانا يظهر على شكل أشعة متماوجة متغيرة كأشعة المصابيح الكاشفة ، وأحياناً يظهر على شكل غلالات أوستائر متماوجة وكأن هناك ريحاً خفية تحركها . فى

بطء ، وأحيانا يظهر الشفق المذكور على هيئة إشعاعات نابضة متراقصة وكأنها ألسنة لهب كونى صامتة غير محسوسة .

وقد لوحظ أنه غالبا ما يقترن ظهور هذا النوع من الشفق بحدوث الانفجارات أو الاضطرابات العنيفة على سطح الشمس والتى ينتج عنها أحياناً اندفاع كتل هائلة من اللهب من سطح الشمس على شكل نتوءات ضخمة قد تمتد إلى عشرات الألوف من الأميال قبل أن ترتد إلى الشمس مرة أخرى . ويخرج من هذه النتوءات الهائلة . وبكميات ضخمة جداً إشعاعات قاتلة تتكون أساساً من البروتونات (نواة ذرة الهيدروجين) ومن الإليكترونات التى تنطلق فى الفضاء متجهة نحو سطح الأرض بسرعات عالية جدًّا قد تبلغ حوالى ٣٠٠٠ ميل فى الثانية .

وعندما تدخل هذه الجسيمات المشحونة بشحنات كهربية فى نطاق مجال الأرض المغنطيسى فإنها تنحرف تجاه القطبين الشمالى والجنوبى . وعند ارتفاع يتردد بين ٦٠ – ٦٠٠ ميل من سطح الأرض تصطدم بعض هذه الجسيمات وجزيئات الهواء وذراته فتتسبب فى تأينها وتنشيطها وتوهجها . ويتوقف لون الإشعاع الصادر عن هذا التوهج على مدى طول الموجات الضوئية الناتجة عن تنشيط هذه الذرات أو الجزيئات بمعنى أن كل نوع من الذرات أو الجزيئات الغازية النشيطة لها إشعاع ذو لون خاص بها فهو أخضر اللون إذا صدر عن ذرات الأكسجين على حين يكون أزرق اللون إذا صدر عن ذرات النتروجين .

ويشبه الضوء الصادر من الشفق القطبى تمام الشبه ذلك الضوء الذى يصدر عن أنابيب النيون المستخدمة فى الإعلانات : ففى كلتا الحالتين ينتج هذا الوهج عن ذرات أو جزيئات من الغاز تقع تحت ضغط مخفف جداً وأجرى تنشيطها باصطدامها بجسيمات مشحونة بشحنات كهربية .

ويشاهد الشفق القطبى عادة فوق المناطق القريبة من قطبى الأرض وإن كان أحياناً يشاهد قرب خط الاستواء . والشفق القطبى ليس بظاهرة نادرة الحدوث فكثيراً ما يشاهد فى شمالى سيبريا وكندا والنرويج ، بل إنه يشاهد فوق منطقة خليج هدسون بكندا حوالى ٢٤٠ ليلة فى العام .

الرياح الجائلة :

ربما كانت الرياح من أوائل مظاهر الغلاف الجوى التى استرعت أنظار الإنسان وأشعرته بوجود هذا الغلاف فمنذ زمن طويل والإنسان يستخدم الهواء دائم الحركة فى دفع سفنه فوق أسطح البحار ، ويستمتع بنسائمه الرقيقه أحيانا ، ويعانى الكثير أحيانا أخرى من شدة عواصفه وأعاصيره !

وتتميز الغازات بأنها أكثر صور المادة قدرة على الحركة على الإطلاق ، وذلك لأن جزيئاتها تعتبر حرة نسبيا لايربطها بعضها ببعض

رباط قوى كما فى حالة المواد الصلبة أو السائلة .

وتظهر قدرة جزيئات الغازات على التحرك فى حرية تامة فيما يشعر به الإنسان من هبوب الرياح وفى الحركة المنتظمة للهواء حول سطح الكرة الأرضية .

وتتفق النظريات الحديثة على أن حركة الهواء حول الأرض تتحكم فيها قوتان :

أولاهما حرارة الشمس والأخرى فعل دوران الأرض حول محورها . ولو افترضنا أن الأرض ساكنة لا تدور حول محورها وأن حرارة الشمس هى القوة الوحيدة المؤثرة فى الغلاف الجوى لكانت حركة الرياح أبعد شبها عما هى عليه الآن ، ولهبت الرياح من نقطة تقع مباشرة تحت الشمس ، حيث الحرارة أشد ما يمكن ، ولانتشرت الرياح فى خطوط مستقيمة فى جميع الاتجاهات .

وحيث إن الأرض تدور فعلا حول محورها فإن هبوب الرياح من المناطق الدافئة إلى المناطق الباردة يتأثر بتلك الحركة فينحرف اتجاه الرياح ناحية الشرق وناحية الغرب ، وذلك لأن الغلاف الجوى ليس غلافا صلباً يدور فى إحكام مع الأرض نفسها بل الواقع أن قبضة الأرض على غلافها المائع أضعف من أن تمسك به فى إحكام وعزم . ويمكن تشبيه الشمس فى هذه الحالة بأنها الآلة الدافعة والأرض بأنها جهاز التوجيه .

وينتج عن القوى السابقة أن يختلط الهواء الدافئ القادم من المناطق

الحارة والهواء البارد القادم من القطبين مما يسبب اعتدال جو الأرض ويمنع اختلاف درجات الحرارة اختلافاً كبيراً حول سطح الأرض .

ويحدث هذا التلاقى بين كتل الهواء البارد وكتل الهواء الدافئ فى كل من نصفى الكرة الأرضية عند حوالى خط عرض ٤٠ حيث يكونان كتلة ضخمة جديدة من الهواء دائمة التغير وعديمة الانتظام . ويبدو عدم انتظام هذه الكتلة على الأخص عند الارتفاعات الكبيرة حيث تظهر وكأنها مملوءة بالمرتفعات والمنخفضات والتعاريج . وهذه الكتلة الهوائية دائمة التقدم والتراجع شمالا وجنوبا ، وهى تكون بذلك حلقة متعرجة من الهواء تدور حول القطبين الشمالى والجنوبى من الغرب إلى الشرق وتسمى بالدوامات حول القطبية .

ومن المعتقد حاليًّا أن أغلب التغيرات الجوية التى تحدث حول سطح الأرض تتعلق تعلقاً كبيراً بتصرف هذه الكتل الهوائية السابقة . وقد ظهر من الدراسات الخاصة بالدوامة التى تدور حول القطب الشمالى أن هذه الكتلة الهوائية دائمة الانقباض والتمدد ، فتدفع بذلك موجات من الهواء البارد جنوباً نحو خط الاستواء وتمتص الهواء الدافئ فى اتجاه القطب .

ويظهر مما سبق أن الغلاف الجوى أبعد ما يكون عن أن يوصف بأنه بحر هادئ من الهواء ، بل هو فى الواقع أشبه ببحر هائج شديد الهياج تجول فيه تيارات سريعة مختلفة الاتجاه وتجتاحه موجات هائلة شديدة الضخامة والارتفاع .

وتؤثر هذه الموجات تأثيراً كبيراً فى طبيعة الجو عند سطح الأرض : فنى المنطقة التى ينثنى فيها الهواء فى طبقاته العليا لتكوين موجة كبيرة أو مرتفع هوائى – يزداد الاحتمال بوجود ضغط عال تحت هذه المنطقة على سطح الأرض ، وبالمثل : عندما يرق الهواء فى طبقاته العليا – أى ينثنى ليكون انخفاضا هوائيا أو ما يشبه واديا بين موجتين كبيرتين – يزداد احتمال وجود انخفاض فى ضغط الهواء عند سطح الأرض فى هذه المنطقة وعلى هذا يمكننا تصور الضغط العالى الذى بمنطقة من المناطق ناشئاً عن وجود كتلة ضخمة أو جبل من الهواء فوق هذه المنطقة ، وأن هذه الكتلة أو هذا الجبل يرتفع ارتفاعا كبيراً فوق مستوى كتل الهواء المجاورة ، وهو بذلك يوقع ضغطاً عند قاعدته على سطح الأرض أشد وأكبر من ضغط بقية الكتل الهوائية الأخرى التى تغطى المناطق المجاورة من سطح الأرض .

ويتسبب هذا الضغط العالى عند قاعدة الجبل الهوائى المذكور فى اندفاع الرياح من هذه القاعدة بعيداً عن مركزه وفى اتجاه المناطق المجاورة التى يكون فيها الضغط خفيفاً نسبياً ، فينهار هذا الجبل الهوائى تدريجاً حتى يتساوى ضغطه وضغط الكتل المجاورة . وتتميز مناطق الضغط العالى على وجه العموم بسمائها الصافية وهوائها الجاف .

أما فى مناطق الضغط الخفيف حيث ينثنى الهواء مكوناً انخفاضاً بين كتلتين كبيرتين من الهواء – فإن الهواء يندفع إليها من مناطق الضغط العالى

المجاورة ، ويستمر هذا الاندفاع حتى يرتفع مستوى كتلة الهواء بهذه المنطقة إلى مستوى الكتل المجاورة . وينتج عن اندافع الهواء ناحية منطقة الضغط الخفيف ارتفاع الهواء الدافئ من مستوى سطح الأرض إلى طبقات الجو العليا الباردة ، فيتكثف ما به من بخار الماء ويظهر على هيئة ضباب أو سحب ممطرة . وهكذا فإن مناطق الضغط الخفيف تتميز بالأمطار والعواصف .

وهناك بعض الظواهر الطبيعية التي لا تخضع لدورة الرياح العامة على سطح الأرض ومن أمثلتها الظاهرة المألوفة على السواحل والتي تعرف باسم نسيم البر والبحر .

ويرجع السبب فى حدوث هذه الظاهرة إلى وجود فرق فى درجة الحرارة بين سطح الأرض على الشواطئ ، وبين سطح البحر : فى أثناء النهار فى يوم حار معتاد ترتفع درجة حرارة سطح الأرض على الشاطئ بشكل ملحوظ نتيجة لتعرضه الدائم لأشعة الشمس . ولا ترتفع درجة حرارة مياه البحر بالدرجة نفسها لعدة أسباب : أهمها قدرة سطح البحر اللامع على عكس جزء كبير من الأشعة الشمسية . وينتج عن ذلك أنه فى أثناء النهار يكون سطح الأرض على الشاطئ أكثر سخونة من سطح البحر ، فيرتفع الهواء الساخن الملامس للشاطئ بسرعة أكبر من الهواء الملامس لسطح البحر ، ويترتب على هذا أن يحل الهواء البارد نسبياً الملامس لسطح البحر محل الهواء الساخن الملامس للشاطئ فنحس

باندفاع الهواء من البحر إلى الأرض فيما يسمى بنسيم البحر .

أما أثناء الليل فإن سطح الأرض يفقد حرارته عن طريق الإشعاع بسرعة أكبر من سطح البحر الذى يحتفظ بحرارته فى حدود ثابتة تقريباً . وعلى هذا تنعكس دورة الهواء ليلاً حيث يرتفع الهواء الساخن نسبياً فوق سطح البحر ليحل محله الهواء البارد الأكثر كثافة الواقع فوق سطح لأرض على الشاطئ . فيهب الهواء من البر إلى البحر وهو ما يسمى بنسيم البر .

وتبدو ظاهرة نسيم البر والبحر فى أجلى صورها فى تلك الرياح التى نعرفها باسم الرياح الموسمية فى آسيا . وتنشأ هذه الرياح نتيجة للتباين فى درجات الحرارة بين البر والبحر فى كل من الصيف والشتاء . أى أن هذه الظاهرة هنا لا تخضع لاختلاف الحرارة بين كتلة اليابس وكتلة الماء فى الليل والنهار ، ولكنها تخضع لاختلاف درجات الحرارة فى أثناء الفصول ولهذا فهى تسمى بالرياح الموسمية .

وفى أثناء الشتاء تكون الهضبة الآسيوية المواجهة للمحيط الهندى عظيمة البرودة ويصبح الهواء السائد فوقها بارداً وأشد كثافة من الهواء الدافئ السائد فوق المحيط الهندى جنوبيها وفوق بحر الصين فى شرقيها ، وينتج عن ذلك أن يندفع الهواء البارد من فوق الهضبة فى اتجاه البحر ليحل محل الهواء الدافئ الأقل كثافة الواقع فوق سطح البحر . وتتصف هذه الرياح فى الشتاء بالجفاف والبرودة وهى تتحول إلى رياح شمالية شرقية بسبب دوران الأرض .

وعند حلول فصل الصيف يحدث العكس تماماً : فتكون الهضبة الآسيوية أشد حرارة من سطح البحار التى تحيط بها ، وينتج عن ذلك اندفاع الهواء البارد نسبياً من البحر ليحل محل الهواء الساخن السائد فوق الهضبة الأسيوية . ويندفع نسيم البحر فى هذه الحالة محملا ببخار الماء الذى يتساقط على هيئة أمطار كثيفة تعتمد عليها الزراعة فى آسيا فى فصل الصيف .

ويتحكم توزيع المرتفعات فى اتجاه الرياح المحلية : فمثلا تحيط الجبال بالبحر الأبيض المتوسط من الشمال فى حين تحده من الجنوب الصحراء الكبرى ، ويتسبب هذا فى اندفاع الهواء الساخن فى بعض الأحيان من الصحراء إلى البحر وهى رياح تعرف برياح السيروكو ؛ وهى تكون عادة محملة ببخار الماء بعد عبورها للبحر المتوسط ، وتسقط أمطارها على سواحل صقلية وإيطاليا .

ويمكننا أن نتصور منشأ العواصف الشديدة الممطرة والرياح العالية السرعة على أنه ناتج من تفاعل حرارة الشمس مع مياه البحار فى بعض المناطق الحارة عندما تشتد حرارة الشمس المتسلطة على سطح البحر الهادئ يوما بعد يوم ، يبتدئ الهواء الذى كان راكداً فى التمدد بفعل الحرارة الشديدة ، ويبدأ فى الارتفاع ويتسبب هذا فى اندفاع الهواء من المناطق المجاورة إلى هذه المنطقة ليعوض النقص الحادث فى هوائها نتيجة لارتفاعه إلى طبقات الجو العليا . وبما أن الرياح تندفع نحو هذه المنطقة

من المناطق المجاورة من جميع الاتجاهات فإن هذا يتسبب فى حركة هذه الرياح حركة حلزونية دائرية حول مركز مشترك بينها يسمى بالعين.

وتتحرك هذه العاصفة فوق المناطق المجاورة بسرعة كبيرة برغم احتفاظها بحركتها الحلزونية ، وهى قد تستمر لمدة تتردد بين أسبوع أو أسبوعين قبل أن تفقد قوتها.

وتساعد حركة العاصفة الحلزونية على امتصاص الهواء المجاور لها ورفعه إلى طبقات الجو العليا مما يتسبب فى تكثيف بخار الماء الذى به وبذلك تتميز مثل هذه العواصف بسحبها الكثيفة الداكنة الممطرة.

وقد تصل مقادير المياه التى تستخلصها الهاركين من المحيط فى الثانية الواحدة حوالى ربع مليون طن ، وهى ترتفع معها إلى عنان السماء وتتكثف فى الطبقات العليا على هيئة أمطار غاية فى الكثافة مطلقة قدراً هائلا من الطاقة الحرارية فى الجو قد تصل قيمتها فى اليوم الواحد إلى ما يعادل الطاقة المنطلقة من تفجير حوالى ثلاثة عشر ألفاً من القنابل الذرية قوة كل منها واحد ميجا طن. وتساعد هذه الطاقة المنطلقة على زيادة تدفق الهواء الذى قد تصل سرعته فى بعض الأحيان إلى حوالى ٣٥٠ كيلومتراً فى الساعة.

وبجانب الدمار الذى يمكن أن تسببه مثل هذه العواصف الجبارة فإنها تحدث كذلك ضجيجاً وجلجلة هائلة يصعب وصفها بخلاف الظلام الذى يصحبها نتيجة لتجمع السحب الكثيفة والأمطار التى تشبه

السيول المصاحبة لها .

وإذا مر مركز هذه العاصفة المسمى بالعين فوق رأس المشاهد لها أحس بتضاؤل سرعة الرياح وعم الهدوء وانقطع سقوط الأمطار وظهرت أجزاء من السماء زرقاء اللون ، ثم سرعان ما يندفع الجزء الآخر من حلزون العاصفة فوق رأس المشاهد ، وتكون حركة الرياح فى هذه الحالة مضادة للاتجاه الأول ، وبهذا تتميز الهاركين بتتابع أنواع مختلفة من ألوان الطقس .

وهناك نوع آخر من العواصف العنيفة يعرف باسم التورنادو ، وهذا النوع أكثر محلية حيث إنه لا يشمل إلا مناطق محددة . وتتكون هذه الظاهرة من دوامة من الهواء السريع الدوران حول نفسه وتبدو على هيئة قمع داكن اللون يتجه طرفه الرفيع ناحية الأرض فى حين تتجه فوهته الواسعة فى اتجاه السماء وتبلغ سرعة الرياح داخل هذا القمع أو هذه الدوامة مئات الكيلومترات فى الساعة وقد تصل أحياناً إلى سرعات هائلة تقدر بحوالى ٨٠٠ كيلومتر فى الساعة .

ولم يعرف بعد إلا القليل عن هذه الظاهرة حيث لم يتمكن أحد من إجراء أى قياس لسرعة الرياح بها ؛ لأن أى جهاز يوضع فى مسارها لابد أن يتحطم ويصيبه الدمار . وعادة ما يبلغ قطر دوامة التورنادو بضع مئات من الأمتار وهى تنتقل بسرعة متوسطة تصل إلى حوالى ٤٠ كيلومتراً فى الساعة وتقطع مسافة قد تصل إلى ١٥٠ كيلومتراً قبل أن تهدأ

وتتلاشى . وربما كانت المناطق الوسطى من الولايات المتحدة هى أكثر المناطق تعرضاً لهذا النوع من العواصف . وتحدث التورنادو آثاراً هائلة من الدمار بالمناطق التى تمر بها فهى تحرث المنطقة التى تمر بها وتدكها دكا على حين تبدو المناطق المحيطة بمسارها هادئة سليمة . ولا يمكن حتى الآن التنبؤ بحدوث التورنادو قبل وقوعها وكثيراً ما تمتص هذه الدوامة أسقف المنازل والسيارات وترفعها إلى ارتفاع كبير ، بل هى أحياناً ترفع بيوتاً بأكملها فى الهواء بعد أن تمزقها شر ممزق !

وتتسبب الرياح العاصفة فى دفع أمواج المحيطات إلى علو كبير وذلك نتيجة لاحتكاك الرياح مع سطح المياه ، ويتناسب ارتفاع الموج وسرعة الرياح : فعندما تبلغ سرعة الرياح ١٠٠ كيلومتر فى الساعة يرتفع الموج إلى حوالى عشرة أمتار وقد يصل ارتفاع الموج أمام الرياح العاصفة إلى ما يقرب من ٢٠ متراً .

وفى بعض الأحيان يندفع الهواء الدافئ المحمل ببخار الماء إلى طبقات الجو العليا الباردة تحت بعض الظروف الخاصة ، وقد يصل إلى ارتفاع يتردد بين ٢٠٠٠٠ و ٣٠٠٠٠ قدم فوق سطح البحر . وعند هذا الارتفاع يتكثف بخار الماء ويظهر على شكل سحب كثيفة تشبه القلاع فى أشكالها وعادة ما يعتبر ظهور مثل هذه السحب فوق منطقة من المناطق نذيراً بقدوم العاصفة . وتعصف التيارات المختلفة داخل هذه السحب صاعدة هابطة تحمل معها قطرات الماء التى قد تتجمد متحولة إلى

بلورات دقيقة من الثلج .

وما زالت الطريقة التى يتكون بها المطر داخل السحب غامضة أشد الغموض . ومن المتعارف عليه أن أبسط طريقة لسقوط الأمطار إنما هى أن بخار الماء الذى بالسحب السابحة فى طبقات الجو العليا الباردة يتحول أولا إلى بلورات دقيقة من الثلج ، وباستمرار نمو هذه البلورات الثلجية يزداد ثقلها فتبدأ فى الهبوط حتى تصل إلى طبقات الجو السفلى الدافئة حيث تنصهر وتتساقط على هيئة أمطار .

ويمكن المطر أن يتكون كذلك فى السحب التى على ارتفاعات منخفضة حيث تتماسك قطرات الماء الدقيقة وتتحول إلى قطرات أكبر وأثقل وزناً مما يستطيع الهواء أن يحمله ، فتسقط على هيئة أمطار . وليس الأمر دائماً بهذه البساطة فهناك عوامل أخرى لابد من توافرها حتى تسقط الأمطار وتستوجب إحدى النظريات وجود أنوية ميكروسكوبية مثل ذرات الهباء العالقة بالجو أو ذرات بعض الأملاح المعدنية التى بالهواء حتى يمكن بخار الماء أن يتكثف حولها مكوناً للسحب . وتدلل بعض النظريات الأخرى على أن الخواص الكهربية تؤدى دوراً هاماً فى سقوط الأمطار فمن المعروف أن السحب عادة ما تكون متعادلة ولا تظهر بها الشحنات الكهربية إلا عندما تمطر فقط . وبرغم أن السحابة فى جملتها تظهر وكأنها متعادلة كهربياً فإنها فى حقيقة الأمر تتكون من قطرات من الماء محملة بشحنة كهربية معينة ، وتحيط كل قطرة من هذه القطرات

نفسها بغلاف من جزيئات الهواء المتأينة التى تحمل شحنة كهربية مضادة لشحنة قطرة الماء .

ومن المعتقد أن مثل هذه السحب تبدأ فى إنزال المطر عندما يتدخل أى عامل جديد يفسد التعادل الكهربى السابق الذكر . وقد يكون هذا العامل تياراً صاعداً من الهواء يقوم بإزالة الجزيئات المتأينة التى تغلف قطرات الماء التى تندمج بعد ذلك بعضها وبعض مكونة قطرات أكبر وأثقل وزناً ثم تبدأ فى السقوط .

وعلى الرغم من أن السحب تكون فى العادة متعادلة كهربياً فإن بعضها قد يشحن تحت بعض الظروف الخاصة بشحنات كهربية مختلفة . وقد تزداد الشحنة الكهربية داخل إحدى السحب حتى تصل إلى حد معين لابد عنده من تخفيف هذه الشحنة . ويتم هذا عادة عن طريق التبادل الكهربى بومضات أو شرارات كهربية سريعة تعرف بالبرق وهى إما أن تحدث داخل السحابة نفسها أو بين السحب وبين الأرض .

وينتج الضوء الساطع المصاحب للبرق عن تأين بعض جزيئات الهواء التى تقع فى طريق التفريغ الكهربى أما الصوت المصاحب له وهو ما يعرف بالرعد فينتج عن تمدد الهواء بالحرارة العالية المصاحبة للشرارة الكهربية . ويتسبب هذا التمدد فى حدوث ذبذبات تنتشر فى جميع الاتجاهات ، وهى حين تصل إلى الأذن البشرية تحدث هذا الصوت المرتفع المسمى بالرعد .

بخار الماء وتكوين السحب :

تعبر محيط السماء الأزرق يوميا أشكال من السحب دائمة التغير والتلون ، وهذه السحب العابرة هى التى تعطى السماء وجهها المتغير وجمالها الساحر .

وتتكون السحب بأنواعها المختلفة من نسيج واحد لا يتغير هو بخار الماء . وينتشر بخار الماء فى جميع طبقات الغلاف الجوى وهو يكون نسيجاً غاية فى الرقة يتداخل هو وخليط الغازات المكونة للهواء . وقد يبقى بخار الماء على حالته كبخار غير مرئى لا تدركه العين المجردة ، كما أنه قد يتكثف ويتجمع على هيئة سحب ، وأحياناً أخرى يتساقط على سطح الأرض على هيئة أمطار متفاوتة الكثافة .

وتتفاوت كمية بخار الماء التى بالهواء من مكان لآخر فوق سطح الأرض ، فترتفع نسبته فى الهواء إلى حد ما فوق سطح البحار الدافئة كما تقل نسبته كثيرا فى الهواء فوق الصحارى والمناطق الجرداء ، كذلك تزداد قدرة الهواء الدافئ على حمل بخار الماء فى حين تقل هذه القدرة عند انخفاض درجة الحرارة .

وتبلغ كمية بخار الماء التى بالهواء حدًّا من الضآلة حتى إننا لو تصورنا أن جميع بخار الماء المحمل به الغلاف الجوى قد تكثف فجأة وسقط على هيئة أمطار تغطى سطح الأرض بأكمله بطبقة لا يزيد غلظها عن ٢.٥

سم . وعلى الرغم من ضآلة كمية بخار الماء العالق بالهواء فإنه يعتبر واحداً من المكونات الحيوية للغلاف الجوى ولولا وجوده بالهواء ما وجدت الحياة على سطح الأرض وما عرفنا ما نسميه بالتغيرات الجوية .

ولو اختفى بخار الماء من الغلاف الجوى تماما لتعرض سطح الأرض لسحب كثيفة من الغبار ، كما يحدث فوق سطح كوكب المريخ ، كانت تثيرها الرياح الجافة الجائلة ، ولتعرض سطح الأرض لتباين كبير فى درجات الحرارة يكفى وحده القضاء على مظاهر الحياة بأنواعها ، ولتغير شكل سطح الأرض عما نعرفه اليوم !

وتمثل حركات بخار الماء الرأسية والأفقية أهم طرق التبادل الحرارى على سطح الأرض . فيحدث مرتين فى العام مثلا أن ينتقل حوالى ١٠ ملايين ملايين الطن من الهواء عبر خط الاستواء من المناطق الدافئة إلى المناطق الباردة حاملا معه ملايين الأطنان من بخار الماء الذى يتكثف عند انخفاض درجة حرارته مُطْلقاً بذلك كميات هائلة من الحرارة تساعد على تخفيف الفرق بين المناطق الحارة والمناطق الباردة من سطح الأرض .

وتساعد التغيرات الجوية خلال عام واحد سواء عن طريق وسائلها العنيفة مثل الهاركين والتايفون والرياح الموسمية أو عن طريق أساليبها الهادئة المعتادة مثل الحرارة الناتجة عن أشعة الشمس ، على تحويل نحو من ٤٠٠,٠٠٠ كيلومتر مكعب من الماء إلى بخار ينطلق فى الجو ليعود إلى التساقط مرة أخرى على هيئة أمطار أو برد أو جليد تعود إلى سطح الأرض .

ويتصف بخار الماء بقدرته الكبيرة على امتصاص الإشعاعات وخاصة ذات الموجات الطويلة منها ، ويساعد ذلك أيضا على المحافظة على الاتزان الحرارى ويمنع تقلب الحرارة بين درجاتها القصوى : ففى أثناء النهار تقوم الأرض باختزان قدر كبير من الطاقة الحرارية الصادرة من الشمس ثم تعود فى أثناء الليل إلى فقد بعض ما اكتسبته عن طريق الإشعاع . ولو تركت عملية الامتصاص والفقد الحرارى دون ضابط لاتسع الفرق بين درجة حرارة سطح الأرض ليلا ونهاراً فى حدود كبيرة جدًّا يصعب معها الاحتفاظ بالحياة على سطح الأرض . ويساعد الغلاف الجوى المحيط بالأرض على تنظيم عملية الفقد الحرارى ، فلا تزيد كمية الحرارة المفقودة إلى الفضاء الخارجى عن ١٥٪ من الإشعاع الكلى الصادر من الأرض ليلا ، أما بقية هذا الإشعاع فيقوم الغلاف الجوى بمنع تسربه إلى الفضاء عن طريق بخار الماء الذى به .

ويبدو هذا بوضوح فى المناطق الصحراوية والقاحلة حيث نجد اتساع الفرق بين درجة الحرارة فى هذه المناطق فى الليل وفى النهار نظراً لندرة بخار الماء فى الهواء الملامس لسطحها .

ولا يمكننا مشاهدة بخار الماء فى الهواء عندما يكون الجو صافيا ، ولكنه يظهر نفسه من حين لآخر على هيئة صور متعددة : فقد يظهر على هيئة سحب متنوعة الأشكال أو قد يظهر على هيئة أمطار متغيرة الشدة ،

وأحيانا يظهر على هيئة ضباب أو على هيئة صقيع على أطراف الحشيس والأعشاب .

وغالبا ما يتكثف بخار الماء على شكل قطرات دقيقة جدًّا من الماء حتى إننا قد نحتاج إلى ما يقرب من خمسة بلايين من هذه القطرات لملء ملعقة صغيرة ! وتبقى هذه القطرات الدقيقة من الماء معلقة فى الهواء مكونة تلك الغلالة الفضية الرقيقة المعروفة بالضباب .

ويعتمد تحول البخار إلى قطرات مرئية اعتماداً كبيراً على درجات الحرارة السائدة : ذلك لأن قدرة الهواء الدافئ على حمل الماء على هيئة بخار أكثر بكثير من قدرة الهواء البارد ؛ وعلى هذا الأساس فإنه عندما يبرد الهواء الدافئ الرطب إلى درجة كافية يبتدئ بخار الماء الذى به فى التكثف والتجمع على هيئة قطرات من الماء .

ويتكون الضباب بعدة طرق : فقد تبدأ الأرض بعد غروب الشمس فى فقد بعض الحرارة التى اكتسبتها فى أثناء النهار ، ويتبع ذلك أن تبرد طبقات الهواء الملامسة لسطح الأرض فيتكثف ما بها من بخار الماء ، ويظهر على هيئة ضباب وخاصة فى الأماكن المنخفضة مثل الأدوية والمستنقعات . وفى بعض الأحوال الأخرى قد تهب رياح دافئة محملة ببخار الماء فوق بعض الأسطح الباردة ، فيتكثف ما بها من بخار الماء مكوناً الضباب أو السحاب المنخفض ، وتحدث هذه الظاهرة فى المناطق الساحلية حيث تهب الرياح الدافئة من البحر فى اتجاه مسطحات

الأرض الباردة نسبياً .

ولابد أننا جميعا قد لاحظنا فى حياتنا اليومية ظاهرة تكثف بخار الماء الذى فى الجو على الأسطح الباردة مثلما يحدث عندما يبتل السطح الخارجى لكوب يحتوى على ماء بارد ، أو عندما تتجمع بعض قطرات الماء على سطح زجاجة المياه الغازية فى الأيام الصيفية الرطبة .

وتتكون السحب من بخار الماء بعملية تسمى عملية الحمل : فعندما ترتفع درجة حرارة الهواء الملاصق لسطح الأرض يتمدد وتقل بذلك كثافته ، فيبدأ فى الارتفاع تدريجا إلى طبقات الجو العليا حيث تنخفض درجة حرارته ، ويبرد يتكثف ما به من بخار الماء على هيئة السحاب .

ولو أننا استطعنا أن نرى الهواء لأمكننا أن نرى أعمدة الهواء الدافئ الصاعدة من سطح الأرض فى الأيام الحارة ، ولرأينا السحب البيضاء المتناثرة التى تشبه القطن المندوف وكأن كُلاً منها تاج أبيض يتوج رأس كل واحد من هذه الأعمدة . ويحدد الارتفاع الذى يتكون عنده السحاب المستوى الحرارى الذى يمكن عنده بخار الماء أن يتحول إلى قطرات مرئية من الماء .

وقد تتكون السحب فى المناطق الجبلية بطريقة مغايرة : ففى هذه المناطق تتكون السحب عن طريق اصطدام تيارات الهواء الدافئ بهذه المرتفعات مما يضطرها إلى الارتفاع إلى طبقات الجو العليا حيث تبرد ويتكثف ما بها من بخار الماء . ويفسر هذا تلك الظاهرة الطبيعية التى

نعرفها : وهى أن أغلب قمم الجبال تتغطى دائما بأشكال من السحب وخاصة فى الأيام التى تهب فيها الرياخ موازية لسطح الأرض .

ويعتبر بخار الماء الذى بالهواء لازماً للحياة : ففى المناطق التى يتوافر بها بخار الماء وتسقط بها الأمطار – تزداد فيها كثافة النباتات كما فى المناطق الاستوائية والحزام المعتدل ، أما فى المناطق الصحراوية التى يسود فيها الهواء الجاف ، وتقل فيها الأمطار – فتندر بها الكائنات الحية حتى فى هذه المناطق الجرداء ، فإن ما بها من نباتات تعيش على القدر الضئيل جداًّ من بخار الماء الذى بالهواء وتصبح لها القدرة على اختزان الماء فى أوراقها . .

الشهب :

الشهب هى تلك الأجسام التى تندفع نحو الأرض من الفضاء الخارجى تحت تأثير قوتها الجاذبة ، وكثيرا ما نرى هذه الشهب فى الليالى الصافية وهى تخترق الطبقات العليا من الغلاف الجوى تاركة وراءها أثرا وهاجا مضيئا .

وكقاعدة عامة لا يمكن مشاهدة هذه الشهب إلا عندما تصل إلى ارتفاع حوالى ١٠٠ كيلومتر من سطح الأرض : أى حين تدخل الطبقات الكثيفة نسبياًّ من الغلاف الجوى . وتختلف سرعات الشهب من حالة إلى أخرى : فهى قد تبلغ حوالى ٢٣ كيلومتراً فى الثانية الواحدة وقد

تصل إلى حوالى ١٠٠٠٠٠ كيلومتر فى الساعة ، وهى عندما تمر فى الغلاف الجوى بهذه السرعات العالية تصطدم هى وجزيئات الغازات المكونة للهواء ، فترتفع درجة حرارتها إلى حد كبير نتيجة لهذا الاحتكاك ؛ وتتسبب الحرارة العالية الناتجة فى تسخين جزيئات الهواء إلى درجة كبيرة تؤدى إلى تأينها ؛ وعلى هذا فإن ذلك الوهج الشديد الذى تتركه الشهب خلفها والذى نراه ليلاً ما هو فى الواقع إلا أعمدة من الغاز المتأين الشديد الحرارة نتجت عن احتكاك الشهب بالهواء فى أثناء اختراقها للغلاف الجوى .

وعندما تصل هذه الشهب إلى ارتفاع ٧٠ كيلومتراً من سطح الأرض فإنها تكون قد احترقت وبخرت بفعل الحرارة الشديدة الناتجة عن الاحتكاك هذا بشرط أن تكون من النوع الصغير الحجم .

وأغلب الشهب التى تنجذب نحو الأرض وتدخل الغلاف الجوى تبلغ حداً من الصغر بحيث لا يزيد قطرها عادة عن جزء من السنتيمتر ، ولا يزيد وزنها عن بضعة أجزاء من ألف من الجرام ، ويمكن تشبيهها بحبات الرمل الصغيرة . على أن هناك نسبة ضئيلة من هذه الشهب تزيد أحجامها وأوزانها عن هذا الحد ، وهذه الأخيرة قد يتمكن بعضها من اختراق الغلاف الجوى . وتعتمد قدرة الشهب على اختراق الغلاف الجوى على وزنها وسرعتها ، وبصفة عامة فإنه لا يصل منها إلى سطح الأرض إلا ما كان وزنه كبيراً نسبياً .

ويمكننا تصور ضخامة أعداد الشهب التى تدخل الغلاف الجوى للأرض إذا علمنا أن النسبة الضئيلة من الشهب التى تبلغ أوزانها حداً معقولاً قد تصل إلى حوالى ١٤٦ ألف مليون فى السنة الواحدة ! وتقدر الزيادة فى وزن الأرض الناتجة عن وصول بعض هذه الشهب إلى سطحها بحوالى مليون طن كل ٣٠٠٠ عام وهى طبعاً زيادة غير محسوسة بالنسبة لضخامة كتلة الأرض !

ومن المعتقد أن أغلب هذه الشهب التى تدخل غلافنا الجوى إنما هى من فتات المذنبات التى قد تقترب من الأرض : ومن أمثلة هذه المذنبات مذنب بيلا الذى تبلغ فترته الزمنية التى يشاهد فيها من الأرض حوالى ٦¾ من السنة وعندما شوهد هذا المذنب أول مرة بجوار الأرض عام ١٨٤٥ ظهر على هيئة جسمين صغيرين على درجة كبيرة من التقارب يتحركان فى الاتجاه نفسه وإن كانت المسافة بينهما تزداد تدريجاً . وقد شوهد هذا المذنب للمرة الثانية عام ١٨٥٢ . ولاحظ الراصدون أن الفرق بين الجسمين السابقين قد ازداد عما كان عليه من قبل . ولم يشاهد هذا المذنب فى موعده عام ١٨٥٩ أو فى عام ١٨٦٦ . ولكنه عاد إلى الظهور عام ١٨٧٢ . وفى هذه المرة لاحظ الراصدون أنه لم يعد يتكون من جسمين كما كان عليه من قبل بل لقد اختفى الجسمان السابقان . وتحول المذنب إلى مجموعة كبيرة من الشهب ومنذ ذلك التاريخ داومت هذه المجموعة من الشهب على الظهور بانتظام وإن اختلفت كثافتها من

حين لآخر .

ومن المعتقد أن مجموعات الشهب التى من هذا النوع تستمر فى التحرك فى نفس المسار أو المدار الذى كان يتخذه نفسه المذنب الأصلى فى حدود مقبولة إلا أنها تتوزع تدريجا وبانتظام بمضى الوقت حول مدار هذا المذنب كله ، وكلما طالت فترة دوران المذنب حول الشمس انتظم توزيع هذه الشهب على مداره وذلك بسبب اختلاف كتلتها وسرعاتها .

وعند مرور الأرض فى دورتها حول الشمس بمدار إحدى هذه المجموعات أو حتى بجوار هذا المدار نشاهد بعضاً من هذه الشهب التى قد تدخل فى غلافنا الجوى .

وفى عام ١٩٣٣ اقتربت الأرض من مدار أحد المذنبات ، وأصبحت على بعد حوالى ٥٦٠٠٠٠ ميل منه ، وهى مسافة صغيرة نسبياً ، مما تسبب فى دخول كثير من هذه الشهب فى غلافنا الجوى ، بل لقد انهمرت الشهب الصغيرة داخل الطبقات العليا من الغلاف الجوى بشكل ملحوظ حتى إن أحد الكتاب وصف هذا المنظر بأنه أجمل عرض للألعاب النارية خلال هذا القرن . وقد امتلأت السماء بمئات من الخطوط المتعارضة والمتداخلة وظهرت بها ألوان متعددة من الأصفر إلى الأحمر إلى الأخضر ، وقد استمر هذا المشهد الغريب حوالى خمس ساعات ونصف الساعة وهى الفترة التى اقترب فيها مدار الأرض من مدار المذنب ، وقدر عدد الشهب التى شوهدت فى السماء بحوالى ٤٠٠

شهاب فى الدقيقة الواحدة .

وفى ٣٠ يونيو عام ١٩٠٨ حدثت ظاهرة غريبة فى أواسط سيبريا بالاتحاد السوفييتى فسرت فى ذلك الحين على أن شهاباً جباراً قد اصطدم هو وسطح الأرض فى هذه المنطقة . وقد بلغ الدمار الذى حدث لسطح الأرض فى هذه المنطقة حدًّا بالغاً حتى إنه اعتبر من أعظم الكوارث الطبيعية التى حلت بكوكبنا وأشدها هولاً .

وقد كانت الصدمة على درجة من العنف حتى إن جميع محطات رصد الزلازل فى جميع أنحاء العالم سجلت موجتها ؛ كما أن الانفجار أحدث صوتا كالرعد سمع على بعد يزيد عن ألف كيلومتر من نقطة الارتطام . كذلك تسببت الاهتزازات الناتجة عن هذه الكارثة فى انقلاب الحيوانات ووقوعها على سطح الأرض على بعد حوالى ٦٠٠ كيلومتر من مركز الصدمة ؛ كما أن بعض مجارى المياه والأنهار خرجت عن مجاريها الطبيعية ، وأغرقت ما حولها من الأرض .

وفى اللحظات التالية لهذا الارتطام ارتفع فى الجو عمود من اللهب والمعادن المنصهرة بلغ ارتفاعه حوالى ٢٠ كيلومتراً وكان الناس يحسون بحرارته على بعد حوالى ٨٥ كيلومتراً . وأخذت الموجة الهوائية التى أحدثها تحطيم هذا الجرم تدور حول الأرض لمدة ١٠٠ ساعة ، وأحس بها الناس فى كل مكان .

وقد ظلت السماء خلال عدة ليال متعاقبة مضيئة بضوء عجيب مثل

الوهج بلغ من شدته أن كان يمكن الناس أن يقروا ويلتقطوا الصور على شواطئ المحيط الأطلنطى .

وقد قدر بعض العلماء وزن هذا الشهاب بحوالى ٥٠ ألف طن ، وبحوالى نصف مليون طن فى رأى بعض آخر ؛ كذلك قدر بعض أن الارتطام بين هذا الشهاب وبين سطح الأرض حدث على حين كانت سرعته تبلغ بضع عشرات الآلاف من الكيلومترات فى الساعة . ويعتقد بعض العلماء أن هذه الظاهرة المروعة نتجت عن انفجار أحد المذنبات قبيل وصوله إلى سطح الأرض تماماً ، وأن ارتفاع درجة حرارة كتلة الغازات المتجمدة التى يتكون منها هذا المذنب أدت إلى انفجارها وتمددها بهذا الشكل الرهيب .

ويقدر العلماء أن الفوهة التى بصحراء الأريزونا بالولايات المتحدة البالغ قطرها حوالى ١٣٠٠ متر وعمقها حوالى ٢٠٠ متر نتجت عن سقوط نيزك جبار فى هذه المنطقة فى زمن ما قبل التاريخ ، وأن وزنه قد وصل إلى حوالى ١٥٠٠٠ طن أو أكثر .

هذه صورة لما يمكن أن يحدث لولا وجود خط دفاعنا الأول والأخير وهو الغلاف الجوى .

التغيرات الجوية والإنسان

برغم مرور أحداث الحياة وتقلبات الجـو طوال العصور فقد ظهرت الشمس والجبال والبحار للإنسان وكأنها ثابتة لا يطرأ عليها اختلاف أو تغيير. وكان لقصور إدراك الإنسان أن عجز عن اكتشاف التغيرات البطيئة التى تحدث فى العالم المحسوس حوله مثل : ارتفاع وانخفاض مستوى البحار ، ورفع وخفض كتل الجبال ! وبرغم أن الإنسان شديد الإحساس بالتغيرات الجوية التى تحدث من يوم لآخر فإنه لم يفطن لفترة طويلة من تاريخه إلى أن هناك تغيرات أخرى أكبر وأعم تشمل سطح الأرض أجمع !

ولو أننا قارنا جو الأرض حاليا بجوها منذ قديم الزمان لوجدناه اليوم أكثر تطرفا بين الحرارة والبرودة مما كان عليه خلال بليون السنة الأخير من عمر الأرض :

فخلال جزء طويل من عمر الأرض كان جوها منتظما توزعت فيه الحرارة على سطحها فى اتساق ، فلم يكن قطبا الأرض كما هما الآن : تغطيهما الثلوج وتكتسحهما الرياح الباردة ، بل كان جوهما أقرب إلى الاعتدال ، وأرضهما أقرب إلى الخصب مما هى عليه اليوم . بل لقد عاشت الحيوانات ونمت النباتات فى نطاق أوسع من نطاقها الحالى ،

وترعرعت فى أراض تعتبر اليوم جافة جرداء ! ونتج عن اعتدال مناخ قطبي الأرض نتيجة لوصول التيارات المائية الدافئة إليهما – أن غطت البحار والمحيطات مساحات من الأرض أكبر مما تغطيه اليوم .

هذا الجو المتناسق الذى ساد خلال أغلب سنى عمر الأرض كان هو الجو المعتاد للأرض .

وقد شابت جو الأرض بعض الفترات الشاذة القصيرة ، تميز فيها جوها بالمناخ القارس الحاد . ويعتبر العلماء هذه الفترات – التى تمثل أقل من خمس عمر الأرض – أنها فترات شاذة عابرة وقد انتابت الأرض آخر فترة من هذا الجو القارس منذ حوالى مليون سنة مضى ، وبلغت هذه الفترة أقصاها شذوذا منذ حوالى ١٠٠٠٠ سنة ؛ كما داومت كتل الجليد فى التقدم والتراجع خلال فترات متعددة طوال هذه المدة من الزمن .

وقد اختلف العلماء فى تفسير هذه الظاهرة فبعضهم يرى أننا نعيش حالياً فى آخر طور من العصر الجليدى – وهو عصر تقدم الثلوج وسط الأرض على حين يرى بعض آخر أننا نعيش فى فترة مؤقتة من دورة تراجع الطبقة الثلجية .

وعلى أية حال فإن تاريخ الإنسان كله محصور فى إحدى هذه الفترات الشاذة من جو الأرض ، وهو بهذا لم يعرف على الإطلاق الجو المنتظم المعتاد لهذا الكوكب الذى نعيش فيه .

وقد تقدمت وتراجعت طبقة الجليد التى تغطى القطبين الشمالى والجنوبى أربع مرات على الأقل خلال مليون العام المنصرم ، وقد تبع ذلك بطبيعة الحال تقدم وتراجع مختلف الأنواع من الكائنات الحية كالنباتات والحيوانات ، وهى تشبه فى ذلك جيوشاً ضخمة زاحفة تقوم بمناوراتها على طول جبهة متغيرة مكافحة فى سبيل بقائها .

وقد تبع هذا التقدم والتراجع فى طبقات الجليد أن تعاقبت الأجواء المعتدلة الرطبة ، والأجواء الحارة الدافئة على معظم المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية : فكل تقدم للجليد من القطب الشمالى جنوبا يتسبب فى دفع الحزام الممطر نحو الجنوب مما يؤدى إلى تحول المناطق الصحراوية بأفريقيا وآسيا إلى مناطق خصبة رطبة تنمو بها الأعشاب ، كذلك فإن كل تراجع للجليد فى اتجاه الشمال يتسبب فى دفع الحزام الممطر شمالاً مما يؤدى إلى تحول المناطق السابقة إلى مناطق قاحلة مجدبة .

وقد أثرت هذه التغيرات الدورية التى انتابت جو الأرض تأثيراً كبيراً فى مجرى الحضارة والتاريخ : فتتابع فترات من الجفاف والمطر ومن الحرارة والبرودة تَسببت فى تبادل المناطق الصحراوية مع مناطق الغابات ، مما أثر كثيراً على توزيع المجموعات البشرية على سطح الأرض وخاصة قبل أن يعرفَ الإنسان بناء الطرق فى عصر الرومان .

ومن المعتقد أن التغيرات الجوية كانت سببا فى نشوء وارتقاء بعض الحضارات البشرية ؛ كما أنها كانت كذلك أيضاً من ضمن الأسباب

التى أدت إلى القضاء على بعض هذه الحضارات . ومن أمثلة هذه الحضارة الأخيرة تلك الآثار التى بالهند الصينية والتى تلفها الغابات . ويعتقد العلماء أن هذه الحضارة ازدهرت خلال القرون التى ساد فيها الجو الجاف بهذه المنطقة ثم تغير الجو من الجفاف إلى الرطوبة وتزايد سقوط الأمطار ونمو الأشجار فتكونت الغابات التى أحاطت بالمدن العظيمة التى مازالت آثارها وتماثيلها تعيش إلى اليوم داخل الغابات تحتضنها أفرع الأشجار .

ولم يكن تأثير اختلاف الأمطار بين القلة والزيادة ذا فعالية فى خلق مناطق الغابات فقط ، بل تعدى أيضا إلى تحويل بعض مجارى الأنهار وشق بحيرات جديدة ؛ مما ساعد على خلق مناطق تفيض فيها المياه وأخرى ذات جفاف شديد .

وقد لوحظ على مر العصور أن الفترات التى ازدهرت فيها الحضارات أو ولدت فيها المخترعات فى المناطق الشمالية من الكرة الأرضية تتفق تماما مع الفترات التى يتراجع فيها الجليد ويسود الدفء : ففى الوقت الذى قام فيه النورمانديون بغزو إنجلترا كانت الظروف الجوية فيها حسنة بدليل أنها كانت تزرع العنب ، ولكن على مر القرون الثلاثة التالية انقطعت الإشارة إلى مزارع العنب فى إنجلترا من مختلف الرسائل الأدبية ، وربما اقترن هذا بتقدم طبقات الجليد نحو الجنوب .

وفى جرينلاند حيث هاجر إليها السكان عام ٩٨٦ كانت هناك أرض

ذات حشيش ترعاها الأغنام والماشية . وفى خلال القرن الخامس عشر والقرن السادس عشر تراجع الجليد مرة أخرى ، وكانت هذه الفترة من أهم الفترات التى تمت فيها الاكتشافات والتوسعات البحارية . وقد تقدم الجليد مرة أخرى بعد ذلك واستمر فى التقدم جنوبا فى بعض الجهات حتى عام ١٨٥٠ حتى إن بعض القرى فى جبال الألب السويسرية اختفت تحت الثلوج المتزايدة .

ويعتقد العلماء أن أنسب الأجواء لنشاط الإنسان وتقدمه هو ما تميز بدرجات متوسطة من الحرارة وبعض الضغط المنخفض من حين لآخر ، وبذلك يتوافر الجو المتغير والمقادير المناسبة من الأمطار .

وتدل جميع الدراسات على احتمال قيام الحضارات العظيمة فى مصر والسودان وفى اليونان وروما تحت مثل هذه الظروف المناخية السابقة ، وربما كان السبب الرئيسى فى اضمحلال هذه الحضارات بعد ذلك هو تراجع الحزام الممطر شمالا مما تسبب فى جفاف المناطق المحيطة بالبحر الأبيض المتوسط . وهناك مثل هذا المناخ المناسب الآن فى المناطق التى بين بريطانيا وفرنسا وألمانيا وشمالى الاتحاد السوفييتى وبعض أجزاء من الولايات المتحدة وكندا .

ومن الملاحظ الآن أن هناك تراجعاً بطيئاً للثلوج نحو الشمال فى جميع أنحاء نصف الكرة الشمالى ، ويعزز هذه الحقيقة ظهور ارتفاع طفيف فى

درجات الحرارة خلال القرن الماضى وعلى الأخص خلال الأربعين سنة الماضية .

ولا تمكن معرفة الأسباب المباشرة فى الارتفاع التدريجى لدرجة حرارة سطح الأرض على وجه الدقة . وربما كانت الزيادة الطفيفة الملحوظة فى كمية غاز ثانى أكسيد الكربون الذى بالغلاف الجوى هى أحد هذه الأسباب . وذلك لأن غاز ثانى أكسيد الكربون يساعد على احتباس حرارة الأرض . مثله فى ذلك مثل غاز الأوزون وبخار الماء . وبذلك يمنع تسرب الحرارة إلى الفضاء الخارجى .

ومن المتعارف عليه أن كمية غاز ثانى أكسيد الكربون قد ازدادت فى الجو بنسبة تصل إلى حوالى ١٠٪ وذلك خلال النصف الأول من القرن الحالى . وهى ظاهرة يعزوها بعض إلى التوسع الهائل فى استعمال الوقود فى مختلف الصناعات وتقدر كمية هذا الغاز التى تتصاعد سنويا من مداخن مختلف المصانع بما يزيد عن ٦٠٠٠ مليون طن تضف جميعها إلى الغلاف الجوى .

وسواء أفسد الإنسان الجو الذى يعيش فيه أم أصلحه فهو يحاول هذه الأيام أن يتعلم كيف يعيش بدون هواء أو غلاف جوى أى فى الفضاء الخارجى .

وسوف يتحقق فى القريب العاجل حلم الإنسان القديم بالانطلاق فى الفضاء الخارجى لاستجلاء معالم الكون والكواكب والنجوم . ولكنه

عندما يفعل ذلك فهو قطعاً سوف يقابل بيئة وظروفاً مختلفة تماما لما عاش فيه عند سطح الأرض . وهو لن يستطيع أن يجابه هذه المشاكل إلا بسلاح العلم .

ولابد أن يساعد التقدم العلمى الذى أحرزه الإنسان فى جميع الفروع المختلفة على التغلب على أغلب المشاكل إن لم يكن جميعها التى كان الغلاف الجوى يحول بيننا وبين مواجهتها مثل درجات الحرارة العالية والأشعة الكونية وإشعاعات الشمس المختلفة .

وهكذا فإن السماء الزرقاء تمثل الحد الفاصل للهواء النافع . . أو هى سطح المحيط الهوائى الذى يستقر الإنسان على قاعه . . وهذا الغلاف الجوى الذى يجمع بين الجمال والغموض . . هو الذى يحمى سطح الأرض . . . وهو الذى يعطيها الدفء والضوء . . واللون والمطر . . وهو واهب الأنفاس لكل شىء حى .

الفهرس

صدر من هذه السلسلة :

٢٢ – قناصل الدول	أحمد عبد المجيد
٢٣ – الأدب العربى وتاريخه	د . أحمد الحوفى
٢٤ – الكتاب والمكتبة والقارئ	حسن رشاد
٢٥ – الصحة النفسية	د . سلوى الملا
٢٦ – طبيعة الدراما	د . إبراهيم حمادة
٢٧ – الحضارة الإسلامية	د . على حسنى الخربوطلى
٢٨ – علم الاجتماع	د . فاروق محمد العادلى
٢٨م – روح مصر فى قصص السباعى	حسن محسّب
٢٩ – القصة فى الشعر العربى	ثروت أباظة
٣٠ – العمارة الإسلامية	د . كمال الدين سامح
٣١ – الغلاف الجوى	د يوسف عبد المجيد فايد
٣١أ – محمود حسن اسماعيل	د . عبد العزيز الدسوقى
٣٢ – التاريخ عند المسلمين	محمد عبد الغنى حسن
٣٣ – الخلق الفنى	د . مصرى عبد الحميد حنوره
٣٤ – البوصيرى المادح الأعظم للرسول	عبد العال الحمامصى
٣٥ – التراث العربى	عبد السلام هارون
٣٦ – العودة الى الإيمان	أحمد حسن الباقورى
٣٧ – الصحافة مهنة ورسالة	د . خليل صابات
٣٨ – يوميات طبيب فى الأرياف	د . الدمرداش أحمد
٣٩ – السلام وجائزة السلام	عثمان نويه
٤٠ – الشريعة الإسلامية	المستشار عبد الحليم الجندى
٤١ – ثقافة الطفل العربى	جمال أبو رية
٤٢ – اللغة الفارسية	د . محمد نور الدين عبد المنعم
٤٣ – حضارتنا وحضارتهم	د . عبد المنعم النمر

الكتاب القادم

الأدب الفرنسى فى عصر النهضة

د . رجاء ياقوت

رقم الإيداع	١٩٧٨/٥٣٠٢
الترقيم الدولى	ISBN ٩٧٧ - ٢٤٧ - ٥٤٧ - ٢

١/٧٨/٢٩٨

طبع بمطابع دار المعارف (ج.م.ع.)